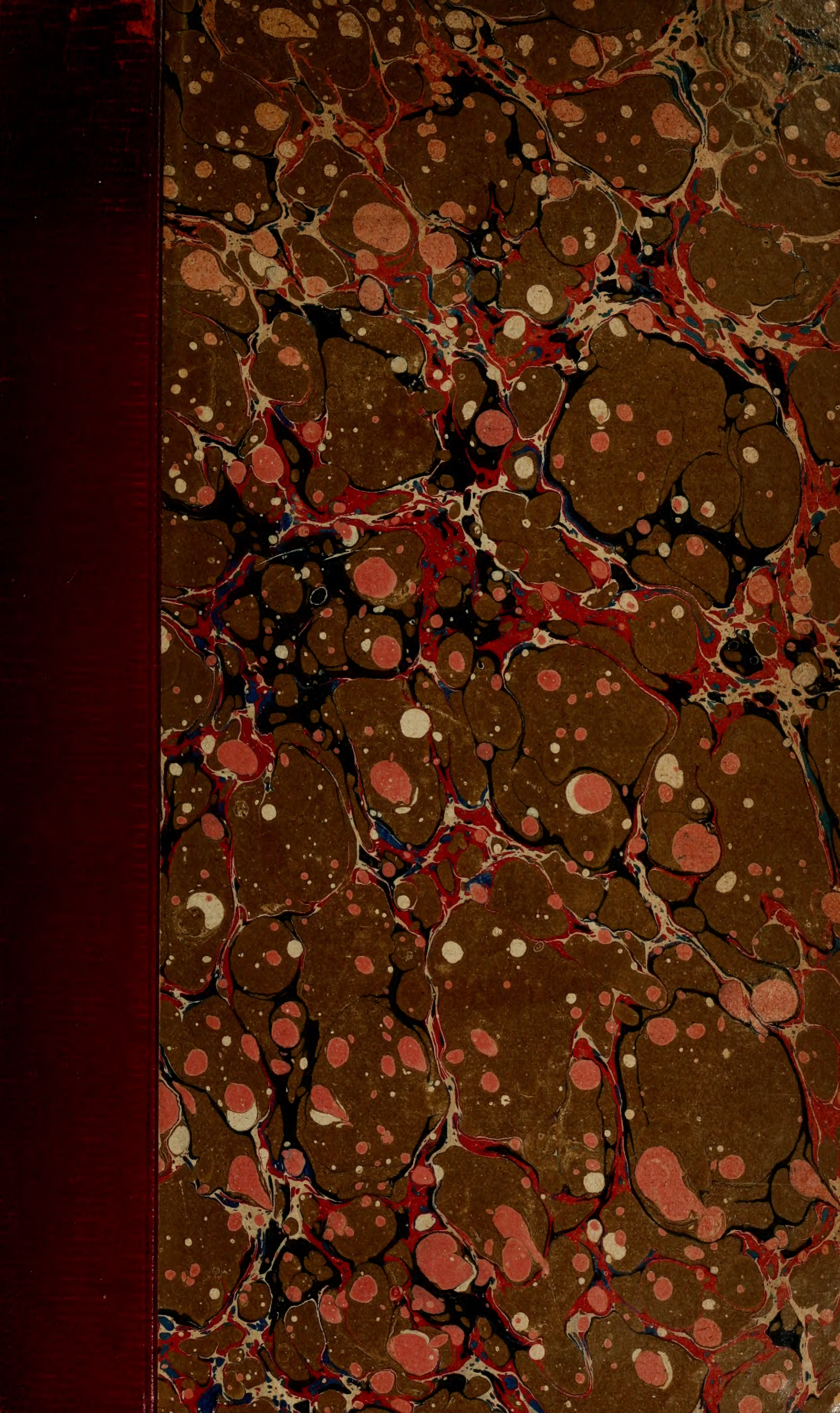
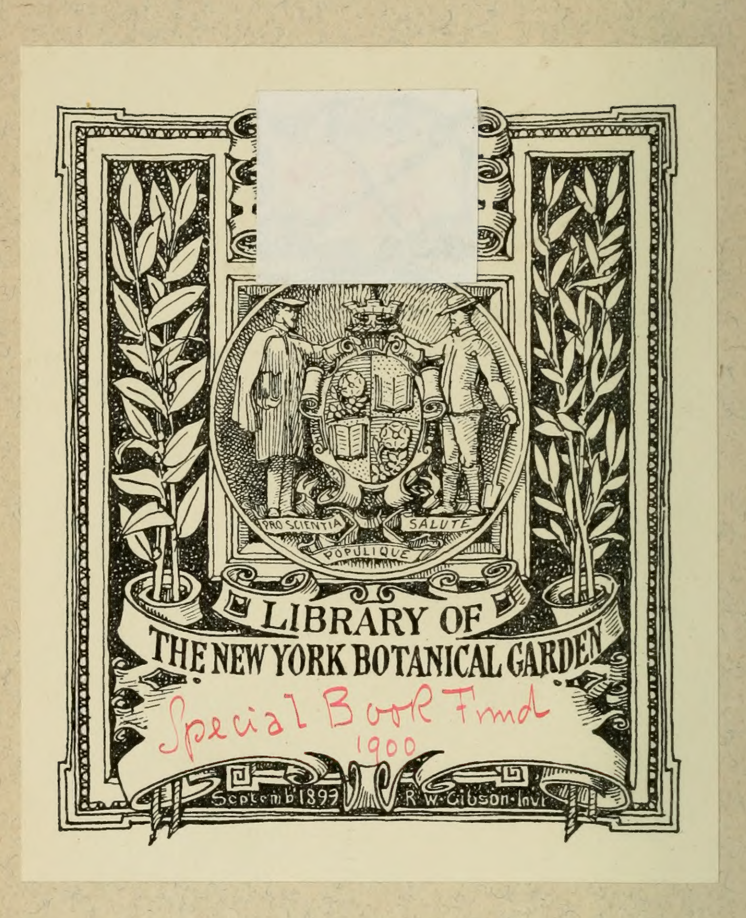
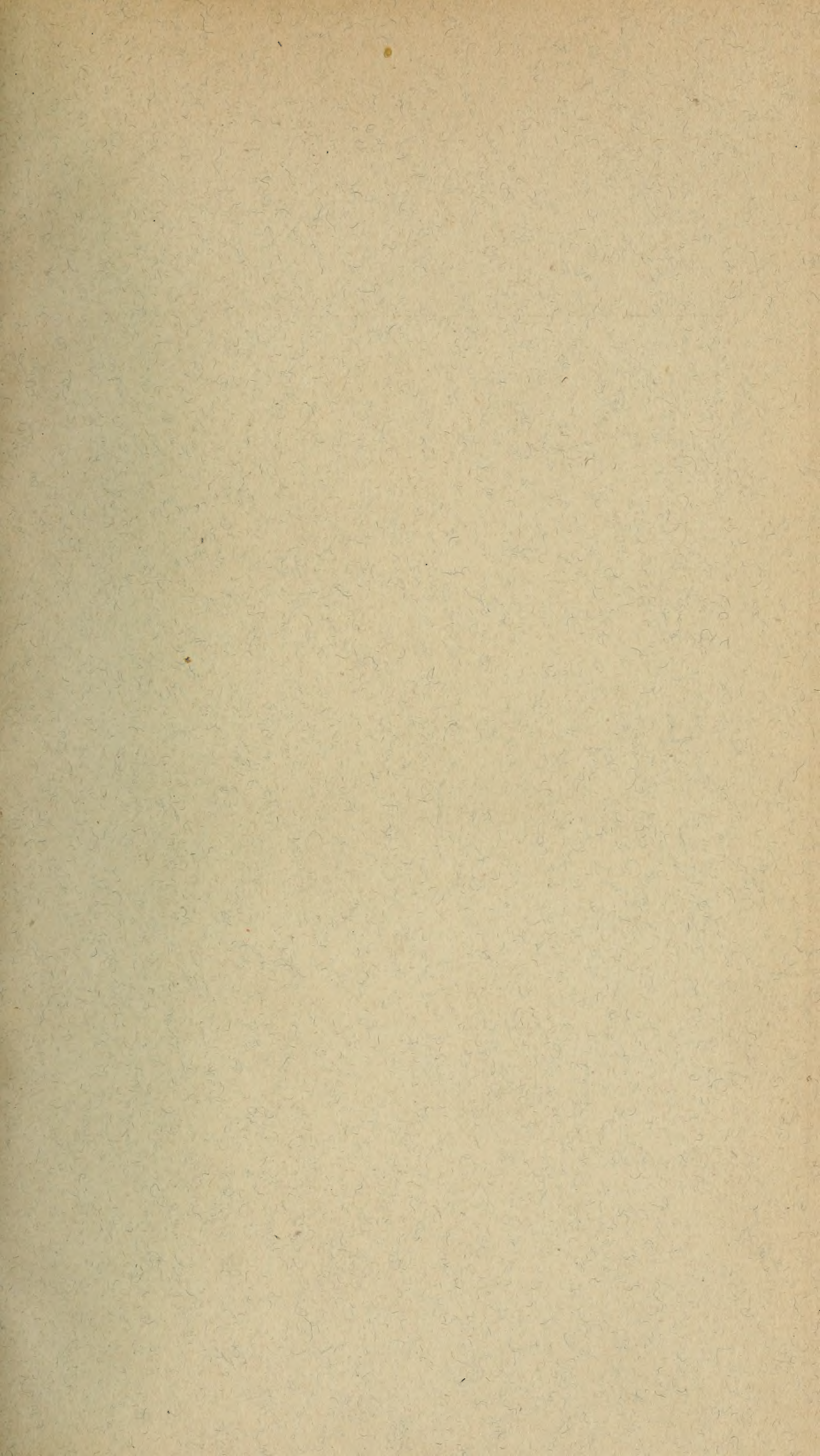
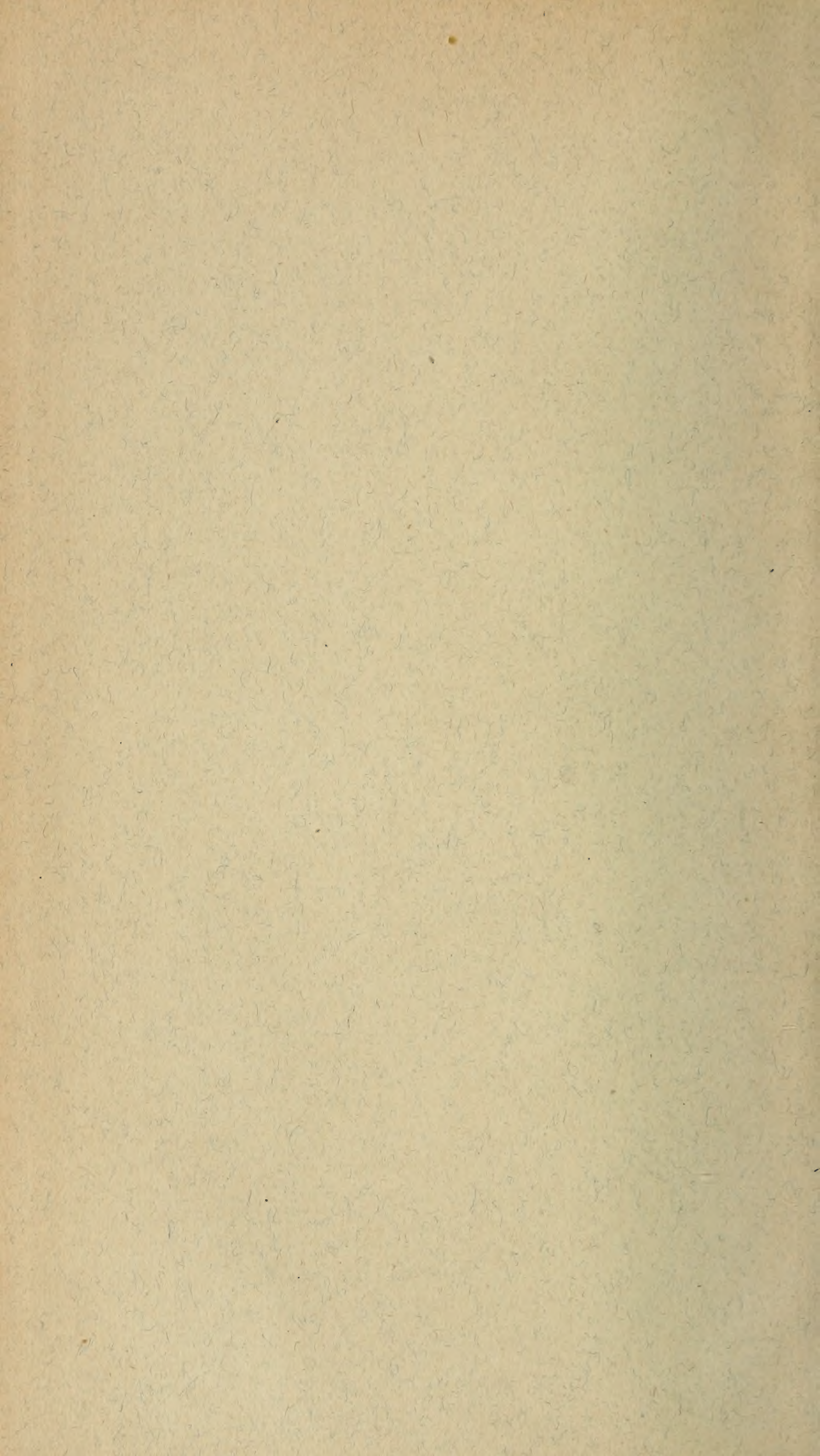
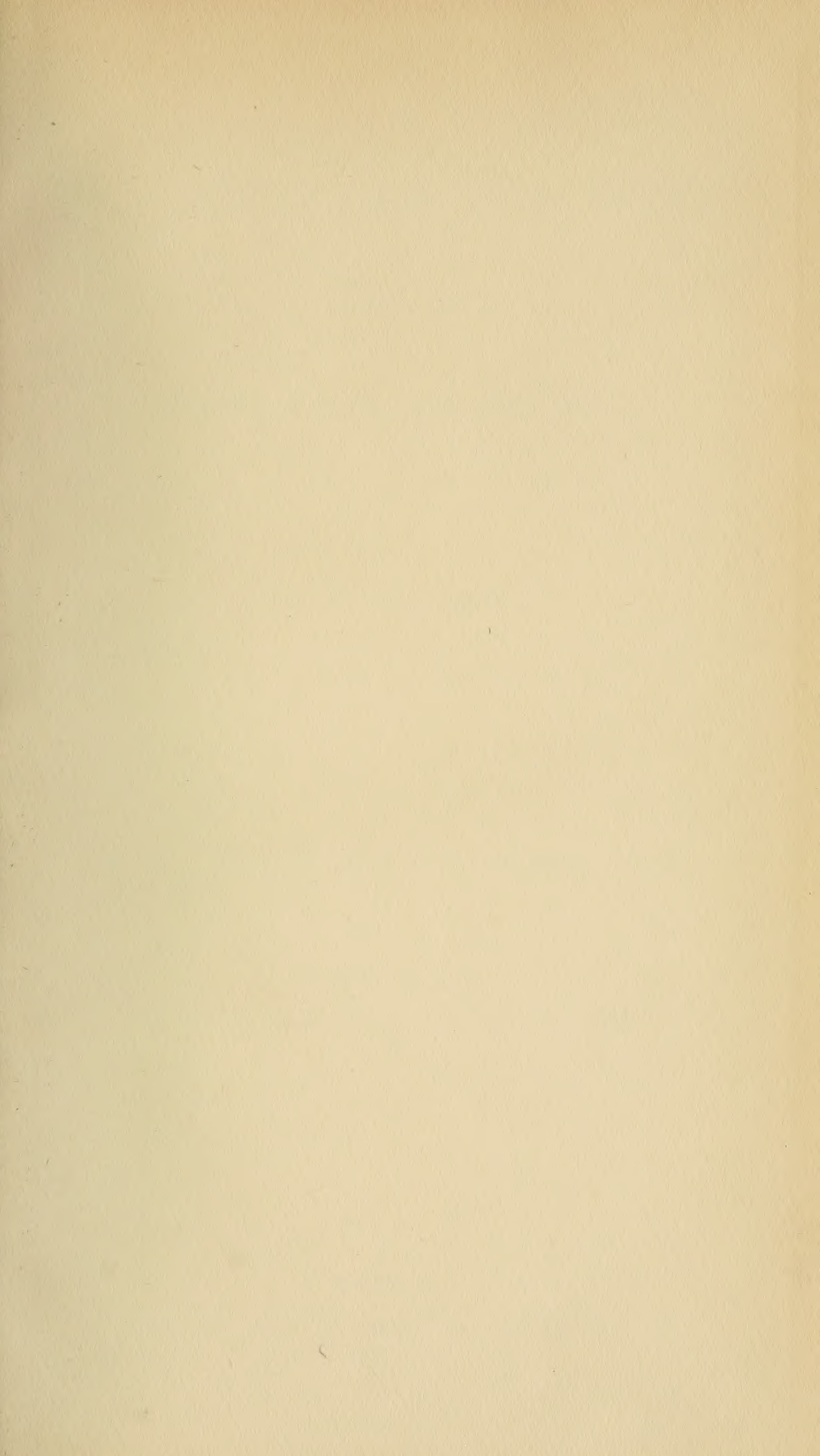
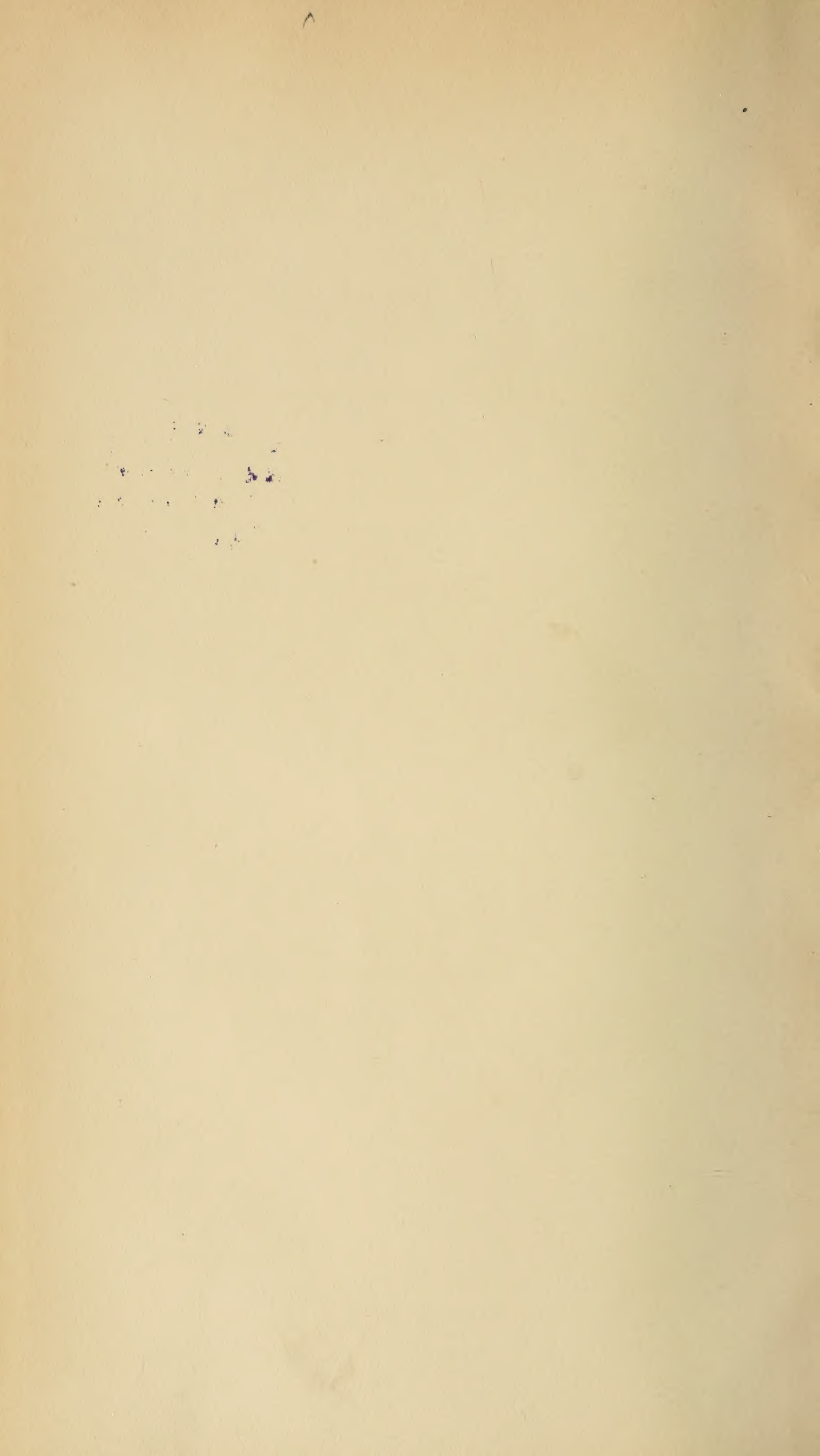



PRO SCIENTIA
SALUTE
POPULIQUE
LIBRARY OF
THE NEW YORK BOTANICAL GARDEN
Special Book Fund
1900
Septemb 1899
R. W. Gibson Invt









Luft-, Boden- und Pflanzenkunde

in ihrer Anwendung auf

Forstwirthschaft und Gartenbau

bearbeitet von

Dr. Theodor Hartig

Herzogl. Braunschweigischer Forstrath, Professor und Vorstand der forstlichen Abtheilung am Collegium Carolinum; Ritter vom Orden Heinrich des Löwen, der Kaiserl. Leopold. Akademie, der Institute zu Lund, Cherburg und vieler Gelehrtenvereine Mitglied.

Für alle Freunde und Pfleger der wissenschaftlichen Botanik,

Separat-Ausgabe

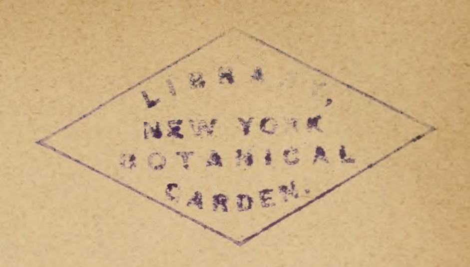
des ersten Bandes elfter Auflage vom Lehrbuch für Förster.

Stuttgart.

Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung.

1877.

Buchdruckerei der J. G. Cotta'schen Buchhandlung in Stuttgart.



Vorwort.

Mehr als 40 Jahre hindurch hat der Herausgeber dieser Schrift mit dem Studium der lebenden Pflanze in Wäldern und Gärten sich beschäftigt und, da er es zweckmäßig erachtete Lehrbücher erst gegen Ende jeder wissenschaftlichen Laufbahn zu schreiben, die Ergebnisse seiner Forschungen theils in kleineren botanischen Schriften, theils in forstlichen oder botanischen Zeitungen veröffentlicht. Seite 306 bis 309 dieser Schrift gibt ein vollständiges Verzeichniß dieser Arbeiten.

Es ist mir daraus der Vorwurf erwachsen: daß meine botanisch-physiologischen Mittheilungen schwer zugänglich seien: dem Forstmanne und Gärtner durch deren Zerstreuung in botanischen, dem Botaniker durch deren Zerstreuung in forstlichen Zeitschriften.

Diesen Vorwurf zu beseitigen habe ich das Wesentliche meiner physiologischen Errungenschaften im ersten Bande des Lehrbuches für Förster zusammengestellt und dessen Veröffentlichung in einer Separat-Ausgabe veranlaßt.

Braunschweig im März 1876.

Der Herausgeber.

Inhalt.

Seite

Erster Haupttheil.

Erste Abtheilung.

Erster Abschnitt.

Zweiter Abschnitt.

Dritter Abschnitt.

Zweite Abtheilung.

Erster Abschnitt.

Zweiter Abschnitt.

Dritter Abschnitt.

Einleitung und System der Forstwissenschaft.

Wenn man mit dem Ausdrucke Wald eine jede größere, mit wildwachsenden Holzpflanzen bestandene Fläche bezeichnet, so sind dem Begriff von Forst schon engere Grenzen gesteckt, indem man nur diejenigen Wälder Forste nennt, welche Behufs einer geregelten Benutzung in sich abgeschlossen, begrenzt sind, und nach gewissen Regeln behandelt und benutzt werden.

Die Gesammtheit dieser, für die Behandlung, Beschützung und Benutzung der Waldungen vorhandenen Vorschriften und Regeln, in ein Lehrgebäude vereint, bildet die Forstwissenschaft.

Das Handeln nach jenen Regeln, die Anwendung derselben, heißt Forstwirthschaft.

Lehre und Anwendung vereint, bezeichnet man mit dem Ausdruck Forstwesen.

Die Forstwissenschaft ist zusammengesetzt aus Erfahrungen über den zweckmäßigsten Betrieb der Forstwirthschaft, theils ist sie aus anderen Wissenschaften abgeleitet, die in Beziehung zur Forstwissenschaft als Hülfs- und Nebenwissenschaften dastehen.

Hiernach zerfällt die Forstwissenschaft in drei Haupttheile:

1) In das Hauptfach: die eigentliche Fachwissenschaft, größtentheils aus Erfahrungssätzen bestehend.

2) In Hülfsfächer: Naturwissenschaften und Mathematik.

3) In Nebenfächer: Staatswirthschaftslehre, Rechts- und Gesetzeskunde, Kassen- und Rechnungswesen, Landwirthschaftslehre, Gartenbau, Jagd und Fischerei, Baukunde.

Das Hauptfach zerfällt in folgende gesonderte Lehren:

1. Geschichte, Literatur, Statistik.

Diese drei Lehrzweige greifen so vielseitig in einander, daß sie sich nicht füglich trennen lassen. Eher läßt sich eine Trennung der Geschichte der Wissenschaft von der Geschichte der Wälder rechtfertigen, wenn man in Erstere, in die Darstellung des Entwicklungsganges der Wissenschaft von ihrem Entstehen bis zum heutigen Standpunkte, die Literatur hineinträgt, während mit der Geschichte der Wälder, d. h. mit der Darstellung des Zustandes der Wälder von den frühesten bis auf heutige Zeiten, die Forststatistik, d. h. die Lehre vom gegenwärtigen Zustande der Bewaldung, vereint wird. Einen kurzen Abriß dieses Theils unserer Wissenschaft hat der Herausgeber in seiner „Forstwirthschaftslehre“ gegeben.

2. Waldzucht

lehrt uns die Herstellung und Erhaltung eines Waldzustandes, durch welchen dem Boden der höchstmögliche Waldertrag nachhaltig abgewonnen wird.

Die Waldzucht zerfällt in:

a) Betriebslehre — Lehre von der Behandlung ganzer Wälder; — Lehre von den Waldbeständen in ihrer gegenseitigen Beziehung und Wechselwirkung.

b) Holzzucht — Lehre von der Behandlung der einzelnen Bestände, rücksichtlich ihrer An- und Nachzucht.
   Holzzucht — Nachzucht der Bestände.
   Holzanbau — Anzucht der Bestände.

3. Waldbenutzung.

Sie lehrt uns denjenigen Zustand eines Waldes kennen, welcher der Oertlichkeit gemäß das höchste Einkommen nachhaltig zu gewähren vermag (Produktionslehre, — Erzeugungslehre, — Statik). Nächstdem lehrt sie die vortheilhafteste Art der Zugutmachung, Transport, Aufbewahrung und Verwerthung der Waldprodukte (Produktenlehre, — Erzeugnißlehre, — Technologie).

4. Waldsicherung.

Die Lehre von der Sicherstellung des Waldeigenthums und seiner Produkte zerfällt in:

a) Waldrecht — Lehre von den Rechten und den Pflichten, welche in den verschiedenen Arten des Waldbesitzes liegen.

b) Waldpolizei — Lehre von den Verordnungen, welche von der Staatsgewalt zu erlassen sind, um das höchste Wald-Einkommen der Nation zu erzielen.

c) Waldschutz — Lehre von dem, was der Waldeigner zu thun oder zu veranlassen hat, um sein Eigenthum und dessen Benutzung zu sichern.

5. Waldschätzung

heißt die Lehre von Ermittlung der Größe und Beschaffenheit des Waldvermögens.

6. Waldverwaltung.

Lehre vom Geschäftsbetriebe in der Waldwirthschaft.

In den beiden letzten Bänden dieses Lehrbuches sind die genannten einzelnen Zweige des Hauptfaches, so weit sie in den Geschäftskreis des administrirenden Forstbeamten eingreifen, vorgetragen. Der vorliegende erste Band beschäftigt sich mit einem Theil der Hülfswissenschaften, und zwar mit der Naturkunde in ihrer Anwendung auf Forstwirthschaft, wohin auch noch das 25ste Kapitel des zweiten Bandes, die Naturgeschichte der Forstinsekten enthaltend, gezählt werden muß. Die Mathematik und die Nebenfächer in ihrer Anwendung auf Forstwirthschaft, wie Staatsforstwirthschaftslehre, Forstrecht rc. rc., mußten dem vorliegenden Werke ausgeschlossen bleiben, wenn es nicht durch gesteigerten Preis dem weniger bemittelten Forstmann unzugänglich werden sollte.

Erster Haupttheil.



Naturgeschichte der Holzpflanzen.

Die dem Forstwirth gestellte Aufgabe, höchstmögliche Benutzung des Waldbodens durch die Anzucht von Holzpflanzen, macht die Letzteren zum Mittelpunkt alles forstlichen Wissens und Wirkens. Nur durch die Beziehungen, in denen die übrigen Dinge zur Holzpflanze, zu deren Wachsen und Gedeihen, zu deren Ernte und Benutzung stehen, erhalten sie für den Forstwirth besondere Bedeutung. Sturm, Schnee und Regen, Gesteine, Gräser und Thiere werden ihm nur durch ihre Einwirkung auf die Holzpflanze, der Boden als Träger, die Luft als Ernährerin derselben wichtig.

Damit sind nun die Grenzen einer auf Forstwirthschaft angewandten Naturkunde bezeichnet. Eine forstliche Naturkunde soll sich nur mit denjenigen Naturkörpern beschäftigen, die mit der Holzpflanze in Beziehung stehen; sie soll an diesen nur diejenigen Berührungspunkte besonders beleuchten, in denen dieß der Fall ist; alles Uebrige aber bei Seite setzen, um das Wichtigere nicht zu verdunkeln.

Keineswegs bin ich aber der Meinung, die Naturkenntniß des Forstmanns solle sich auf diese, in die forstliche Naturkunde aufzunehmenden Gegenstände beschränken; keineswegs bin ich der Ansicht, ein Forstmann brauche nicht zu wissen, daß es Schlangen und Fische, Palmen und Lilien, Kupfer und Zinn in der Welt gebe. Von jedem gebildeten Manne wird heutiger Zeit allgemeine Naturkenntniß gefordert, um wie viel mehr muß sie vom Forstmanne verlangt werden, dessen Berufsthätigkeit einen steten Umgang mit der Natur fordert, dem ohne allgemeine Naturkenntniß die forstliche Naturkunde ein großentheils unverständliches, unbenutzbares Stückwerk ist. Es gehören aber diese Theile der Naturkunde eben so wenig in den Kreis unserer Forstwissenschaft, wie Religion und Philosophie, Geschichte und Geographie, obgleich auch diese dem Wissen des Forstmannes nicht fremd sein dürfen.

In Nachstehendem habe ich mich bemüht, dem Leser die Grundzüge einer forstlichen Naturkunde in der angedeuteten Beschränkung zu entwerfen. Naturgeschichte der Holzpflanzen habe ich diesen Abriß genannt, weil aller übrigen Naturkörper nur in ihrer Beziehung zur Holzpflanze gedacht werden soll. Mit demselben Rechte, mit dem die Lehre von der Wartung, Pflege, Ernährung 2c. eines Thiers in dessen Naturgeschichte gehört, kann auch die Lehre von der Einwirkung des Bodens, der Luft 2c. auf die Pflanze, deren Naturgeschichte einverleibt werden, die ich in zwei

Haupttheile zerfälle, im ersten: Allgemeine Naturgeschichte der Holzpflanzen, dasjenige zusammenstellend, was die forstlichen Kulturpflanzen gleichmäßig betrifft; im zweiten: Besondere Naturgeschichte der Holzpflanzen, die Eigenthümlichkeiten jeder Art gesondert hervorhebend.

Erste Abtheilung.

Allgemeine Naturgeschichte der Holzpflanzen.

Die Pflanze keimt und wurzelt im Boden, findet in ihm Nahrung, Standort und Haltung; sie erhebt ihren belaubten Stamm über die Oberfläche des Bodens, und tritt mit der Luft in innige Berührung und Wechselwirkung, Nahrungsstoffe auch aus ihr aufnehmend und zurückgebend, Wärme und Licht, so nöthig für ihr Leben und Gedeihen, empfangend. Luft und Boden sind es also, welche, als nächste und unmittelbare Umgebung der Pflanze, auf die verschiedenartigste Weise fördernd oder hindernd auf das Gedeihen derselben einwirken; deren örtlich verschiedene Beschaffenheit und Zustände, Menge und Beschaffenheit der pflanzlichen Erzeugnisse unseres Erdkörpers bestimmen.

Dem Forstmanne, welchem die Aufgabe gestellt ist, seinem Boden den höchstmöglichen Ertrag an Walderzeugnissen abzugewinnen, ist daher Kenntniß der Holzpflanze und ihres Lebens nicht genügend; seine Kenntniß muß sich in demselben Grade auf die Bedingungen ihres Gedeihens, auf die sie umgebende Luft und den Boden erstrecken. Ich werde daher in Nachfolgendem zuerst von der Luft und deren Einwirkung auf das Pflanzenleben, dann vom Boden in gleicher Weise, endlich von der Natur der Pflanze selbst sprechen.

Ehe ich aber zu diesen Einzeltheilen meiner Darstellung mich wende, wird es das Verständniß derselben erleichtern, wenn wir zuvor einen Blick auf die gegenseitigen Beziehungen werfen, in denen die Holzpflanze, der Boden, die Luft zu einander stehen.

Wie das thierische Ei so trägt auch das Samenkorn in seinen Samenlappen oder im Samenweiß einen Vorrath bereits verarbeiteter Bildungsstoffe in sich, der genügend ist, die junge Pflanze bis zu einem Zustande heranzubilden, in dem sie fähig ist, Rohstoffe der Ernährung nicht allein von außen her in sich aufzunehmen, sondern solche auch zu organischem Bildungsstoff umzuwandeln und durch dessen Verwendung auf das eigene Wachsthum, neue Wurzeln, neue Blätter zu bilden, zu vermehrter Aufnahme von Rohstoffen der Ernährung aus ihrer Umgebung.

Von der Aussaat des Samenkorns bis zur Vollendung der ersten Blätter ist daher die Pflanze von den Rohstoffen der Ernährung in Luft und Boden unabhängig, es sind aber einige derselben auch für den Keimungsprozeß als Agentien unentbehrlich, und zwar: der Sauerstoff der Luft zur Rückbildung der festen Reservestoffe des Samenkorns in flüssigen

Bildungssaft, das Wasser zur Verflüssigung der Reservestoffe und als Transportmittel derselben aus den Samenlappen oder dem Samenweiß in den Keim.

Mit dem endlichen Verbrauch der im Samenkorn, dem Keim von der Mutterpflanze mitgegebenen Reservestoffe, die einer weiteren Verarbeitung nicht, sondern nur einer im Keimungsprozesse eintretenden Rückbildung zu Bildungssaft bedürfen, wird jedes weitere Wachsen der jungen Pflanze von Rohstoffen der Ernährung abhängig, die von der jungen Pflanze durch die Wurzeln aus dem Boden, durch die Blätter aus der Luft aufgenommen werden. Letztere liefert die überwiegende Menge der Nahrung: Kohlensäure und Ammoniak, der Boden liefert das Wasser und in diesem aufgelöst kohlen-schwefel-phosphor-kieselsaure Salze aus Kali, Kalk, Talk, Natron, Eisen, Mangan, freie Kohlensäure, freies Ammoniak, wahrscheinlich auch atmosphärische Luft. Diese terrestrischen Nährstoffe, nachdem sie von den Wurzeln aus dem Boden mit Auswahl aufgenommen wurden, werden von den Holzfasern des Holzkörpers, und nur von diesen, nach oben, durch Stamm und Zweige den Blättern zugeführt, und treffen in letzteren, aus dem Holztheile der Faserbündel des Blattgeäders in das grüne Zellgewebe der Blätter ausgeschieden, hier mit den durch die Blätter unmittelbar aus der Luft aufgenommenen atmosphärischen Nährstoffen zusammen. In den Blättern vereint, werden die terrestrischen und die atmosphärischen Rohstoffe der Ernährung unter Licht- und Wärmewirkung in dem Zellgewebe der oberen Blattseite zu einem allgemeinen Substrat aller späteren Pflanzenstoffe, zu dem was ich Bildungssaft nenne, verarbeitet.

Wie im centralen Bündelkreise der Wurzel, des Stammes und der Zweige jedes Faserbündel aus einem inneren Holzkörper und aus einem äußeren Bastkörper besteht, so ist dies auch in jedem Faserbündel des Blattgeäders der Fall, dessen Holzkörper das Bodenwasser und die in ihm aufgelösten terrestrischen Rohstoffe dem verarbeitenden Zellgewebe der Blätter zuführt, dessen Basttheil den aus den vereinten Rohstoffen im grünen Zellgewebe der Blätter bereiteten Bildungssaft den Blattzellen wieder entzieht und in die tieferen Pflanzentheile zurückleitet, so also: daß im Holzkörper nur eine aufsteigende, im Bastkörper nur eine abwärts sinkende Fortbewegung dessen stattfindet, was ich den Wandersaft des Pflanzenkörpers nenne, zum Unterschiede von denjenigen Zellsäften, deren nachbarlicher Umtausch gewissermaßen die Nebenströme zum Hauptstrom der Wandersäfte bildet.

Der in den Blättern bereitete, in den Bastfasern rückschreitende Bildungssaft wird nun dahin geleitet und findet da seine Verwendung, wo meist feste Neubildungen aus ihm hervorgehen sollen. Diese Neubildungen sind entweder permanente oder transitorische. Zu Ersteren gehören alle das Wachsthum der Pflanze vermittelnde Neubildungen an Zellen und die Zellkerne, zu Letzteren gehört eine Reihenfolge meist fester, körniger Körper, die ich mit dem gemeinschaftlichen Namen „Mehle" bezeichne, das Stärkemehl, Klebermehl, Gerbmehl, Grünmehl, Farbmehl.

Die im Vergleich zum Bedarf geringe Menge der im Bodenwasser gelösten, terrestrischen Rohstoffe der Ernährung mag es sein, die eine große Menge in der Pflanze zu den Blättern aufsteigenden Wassers nöthig macht,

von der die größte Menge von den Blättern unverändert aber in Dunstform der Außenluft wieder zurückgegeben wird.

Der in den Blättern aus Rohstoffen der Ernährung bereitete, im Baste zu den tieferen Pflanzentheilen zurückkehrende Bildungssaft, angelangt am Orte seiner Verarbeitung, wird größtentheils nicht sofort auf das Wachsthum der Pflanze, auf Zellenmehrung, sondern auf Bildung von Reservestoffen verwendet, die den Winter über meist in der festen Form verschiedenartiger Mehle, doch auch als Zucker, Gummi, Schleim in bestimmten Pflanzenzellen ruhen.

Dieser alljährlich sich wiederholende Zustand der Winterruhe unserer Waldbäume mit seinem Reichthum an Reservemehlen ist dem reifen Samenkorne zu vergleichen, während der Dauer der Samenruhe. Wie dort sind auch hier reiche Vorräthe von Reservestoffen aufgestapelt, wie dort bedürfen auch hier die Reservestoffe einer weiteren Verarbeitung in den Blättern nicht, sondern nur einer Zurückführung in den Bildungssaft, aus dem sie entstanden; wie der Samenruhe die Keimung, so folgt der Winterruhe des Baumes alljährlich die Frühjahrthätigkeit mit ihrer Wiederauflösung der Reservestoffe, mit ihrer Sprossung und Neubildung der Belaubung.

Von den Spitzen der Zweige nach Stamm und Wurzel fortschreitend, beginnt im Frühjahre die Rückbildung der in Mark-, Rinde- und Markstrahlzellen abgelagerten Reservemehle in Bildungssaft, der sich dem jetzt wieder aufsteigenden Rohsaft beimengt und mit diesem in die Knospen und in die aus ihnen sich entwickelnden, blattbildenden neuen Triebe emporgehoben wird, um auf Zellenmehrung und Zuwachs verwendet zu werden, ohne einer weiteren Verarbeitung in Blättern zu bedürfen, die dem Baume in seinem Winterkleide fehlen und, wie die Triebe, an denen sie sich bilden, nur aus bereits vorhandenen, im vorhergehenden Jahre bereiteten Bildungssäften erwachsen können.

Wie die Reservestoffe des Samenkorns den über den Samenlappen zuwachsenden Theile der Keimpflanze, so müssen auch die Reservestofflösungen des älteren Baumes den Frühjahrstrieben desselben durch das aufsteigende Bodenwasser in aufsteigender Richtung zugeführt werden, um das Material für den Längezuwachs der neuen Jahrestriebe zu liefern, es geschieht dies aber ohne Ueberschreiten der äußeren Grenzen des Holzkörpers. Um aus dem Holz in den Bastkörper gelangen und auch hier zu Neubildungen sich gestalten zu können, müssen die im aufsteigenden Rohsafte gelösten Reservestoffe ein zweitesmal durch die Blätter der neugebildeten Triebe ihren Rückweg durch den Bastkörper antreten, um erst jetzt, also im zweiten Jahre nach der Bereitung des primären Bildungssafts in den vorjährigen Blättern, als sekundärer Bildungssaft im Bastkörper rückschreitend, denjenigen Orten zugeführt zu werden, an denen Neubildungen stattfinden sollen, jetzt größtentheils verwendet auf Neubildung von Zellen der Rinde, von Fasern auf der Grenze der vorgebildeten Holz- und Bastschichten, durch welche das Dickewachsthum der vorgebildeten Schaft-, Wurzel- und Zweigtheile der Pflanze vermittelt wird.

Der Baum wächst also in jedem Jahre durch Verwendung von Bildungsstoffen, die im vorhergehenden Jahre durch seine Belaubung aus den Roh-

stoffen der Ernährung in Luft und Boden bereitet wurden, meist in der festen Form von Mehlkörpern überwintern, im aufsteigenden Rohsafte des Frühjahrs aufgelöst in den Zustand des Bildungssaftes zurückgeführt werden, um nun erst das Material für die zelligen, das Wachsthum der Pflanze bewirkenden Neubildungen zu liefern, während die wiederhergestellte Belaubung neuen Bildungssaft bereitet für die Bereitung neuer Reservestoffe.

Nicht jeder Boden enthält im Bereich der Pflanzenwurzeln alle dem Bedarf der Pflanze entsprechenden Rohstoffe der Ernährung in genügender Menge. Im Verhältniß zum Bedarf älterer Bestände an Phosphor, Schwefel, Kiesel, Talk, Kalk, Kali, besonders in reichen Samenjahren, ist die Menge dieser Stoffe im Boden oft eine verschwindend geringe, und es bedarf einer Aufspeicherung derselben in der Pflanze selbst, um diese auch in Fällen außergewöhnlichen Bedarfs vom Boden unabhängig zu machen. Diese Aufspeicherung vollzieht sich in der That innerhalb der Neubildungen an Zellstoff sowohl wie an Reservestoffen, die, in Fällen gesteigerten Bedarfs ihren Ueberschuß an jenen Stoffen den Wandersäften abgeben und erneut in Circulation setzen.

Stehen Boden und Atmosphäre zur Pflanze in Beziehung theils als Magazin der pflanzlichen Nährstoffe, theils als Träger derjenigen Kräfte, durch welche die pflanzlichen Nahrungsstoffe im Innern der Pflanze zu Pflanzenstoff verarbeitet werden, des Lichts und der Wärme, so stehen andererseits die Pflanzen und besonders der Baumwuchs unserer Wälder in Wechselwirkung zu Boden und Atmosphäre durch die Kraft, mit der sie die vorübergehende Kohlensäure der Luft aufzunehmen und zu Pflanzenstoff verdichtet festzuhalten vermögen, durch die Menge des Kohlenstoffs, die sie als Dammerde und Stallmist dem Boden, als Kohlensäure der Luft zurückgeben, durch den Einfluß auf Bodenbildung und auf Bewegung in der Lage des gebildeten Bodens, durch das Heranwachsen neuer und das Verschwinden alter, abgestorbener Bewurzelung, durch den Einfluß des Blattschirmes auf Boden und Pflanzenschutz, Klima und Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre.

Erster Abschnitt.

Luft und Pflanze in ihren Wechselwirkungen.

Die Menge und Beschaffenheit der pflanzlichen Erzeugnisse eines Standorts ist abhängig von dessen Bodenbeschaffenheit und von der Eigenthümlichkeit der den Boden bedeckenden Luftschichten; Letztere spricht sich theils in dem örtlich verschiedenen Stoffgehalte, theils in den verschiedenen Zuständen und Veränderungen aus, hervorgerufen hauptsächlich durch die Einwirkung der Wärme. Wir müssen daher zuerst den Stoffgehalt der Luft, dessen örtliche Verschiedenheit und die hiernach veränderliche Einwirkung auf das Pflanzenleben kennen lernen, dem sich dann die Betrachtung des Zustandes der Luft, hinsichtlich ihrer Wärme und Kälte, Ruhe und Bewegung, Klarheit und Trübe 2c. anschließt.

Erstes Kapitel.

Vom Stoffgehalte der Luft.

Unser Erdball wird von einer $9^2/_3$ geographische Meilen hohen Schicht elastischer, luft- und dunstförmiger Körper umgeben, die im Weltenraume mit der Erde sich bewegt, durch eigenen Druck zunächst der Erde am dichtesten ist, nach oben allmählig dünner und ausgedehnter wird und endlich in einen uns unbekannten Luft-, Wärme- und Licht-leeren Raum, Aether genannt, übergeht.

Diese Schichtung luft- und dunstförmiger Körper nennen wir den Dunstkreis, die Atmosphäre unserer Erde. Die Bestandtheile derselben sind:

1) atmosphärische Luft, bestehend aus einem Gemenge von 21 Raumtheilen (23 Gewichttheile) Lebensluft (Sauerstoffgas) und 79 Raumtheilen (77 Gewichttheile) Stickluft (Stickstoffgas);

2) kohlensaure Luft 0,000315 bis 0,000713 Raumtheile, 0,000470 bis 0,001083 Gewichttheile der atmosphärischen Luft.

3) Wasser in den verschiedensten Zuständen, von dem festen Hagelkorne bis zum luftförmigen Zustande.

4) Feste Körper, besonders Salze.

5) Ammoniak.

1. Die atmosphärische Luft.

Ihre Bestandtheile: 21 Theile Lebensluft und 79 Theile Stickluft, sind überall dieselben und in demselben Maße gemengt, man mag die Luft aus den tiefsten Schachten oder von den höchsten Bergspitzen untersuchen. Dagegen verringert sich die Dichtigkeit der Luft aufwärts, proportional dem auf ihr lastenden Drucke der höheren Luftschichten, so daß 4000 Meter über der Meeresfläche in einem Cubikmeter Raum nur halb so viel Luft, 12,000 Meter über dem Meere nur der achte Theil, 25,000 Meter über dem Meere der 64. Theil der Luftmenge enthalten ist, den ein Cubikmeter Raum in meeresgleicher Ebene faßt, der 770mal weniger als das Wasser wiegt.

Die Verbindung der beiden Luftarten ist keine chemische, sondern nur ein mechanisches Gemenge, so daß eine Sonderung beider Bestandtheile ohne chemische Scheidung möglich ist. Diese Absonderung des Sauerstoffs aus der Luft wird dann auch wirklich im Großen ausgeführt, indem allen porösen Körpern die Eigenschaft zusteht, Sauerstoffgas aus der Luft abzuscheiden und einzusaugen, ohne sich damit chemisch zu verbinden (daher nicht mit Oxydation zu verwechseln). Zu diesen porösen Körpern gehört auch der Boden, der, wie wir später sehen werden, die Fähigkeit der Sauerstoffabscheidung in hohem Grade besitzt.

Aber auch ohne diese Abscheidung durchdringt die Luft den Boden nicht allein und füllt dessen Räume aus, es findet auch ein täglicher Luftwechsel in jedem Boden dadurch statt: daß in dem, durch Wärmestrahlung am Morgen erkaltenden Erdreich die Luft sich zusammenziehen, das Erdreich also äußere Luft in sich aufnehmen muß. Mit steigender Erwärmung des Bodens am

Tage findet die ausgedehnte Bodenluft in ihm nicht mehr den nöthigen Raum, sie wird der Atmosphäre theilweise wieder zurückgegeben und durch andere Luft bei erneuter Aufnahme ersetzt. Ich nenne dieß das Athmen des Bodens, das um so voller sein muß, je mehr Luftraum der Boden enthält und je größer die tägliche Differenz seiner Temperatur ist. Daß hierdurch die Zersetzung der organischen Bestandtheile des Bodens und die raschere Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit gefördert werde, bedarf kaum der Andeutung. Daher der rasche Humusverlust und das rasche Trocknen des, von Pflanzenwuchs gegen Erwärmung nicht geschützten Bodens und aller leichten, luftreichen Bodenarten. Daher die Erfolge der Bodenlockerung, durch welche das Athmen des Bodens nicht allein voller, sondern auch tiefer wird.

Der vom Boden aus der Luft aufgenommene Sauerstoff ist nur in außergewöhnlichen Fällen von Einfluß auf die mineralischen Bestandtheile desselben, da diese größtentheils Oxyde, d. h. Körper sind, die sich mit dem ihnen zuständigen Maximum von Sauerstoff bereits verbunden haben. Dahingegen vermittelt der atmosphärische Sauerstoff, im Boden wie überall, die fortschreitende Verwesung der abgestorbenen organischen Stoffe, indem er sich mit deren Kohlenstoff zu Kohlensäure verbindet, die wir als den, der Menge nach wichtigsten Bestandtheil der Pflanzennahrung kennen lernen werden.

Die Steigerung des Pflanzenwuchses durch Hinwegräumung der, die Sauerstoffeinsaugung hindernden Umstände, die Erfolge der Bodenauflockerung, die Entfernung des Grasfilzes um Pflanzstämme ꝛc. beruhen größtentheils auf der gesteigerten Wirkung des Sauerstoffs im Boden und beweisen die Nothwendigkeit desselben. Es geht aber nur ein Theil der von dem Boden eingesogenen Lebensluft, als Kohlensäure, in die Pflanze durch deren Wurzeln über, ein anderer Theil kehrt in die Atmosphäre zurück, indem er, an den Kohlenstoff des Bodens chemisch gebunden, mit diesem verflüchtigt. Dieser letztere Theil ist größer oder kleiner, je nachdem der Luftwechsel in und über dem Boden stärker oder geringer ist. Im lichten Stande der Wälder, im aufgelockerten Boden ist er am größten; wir sehen unter solchen Verhältnissen starke Dammerdeschichten in kurzer Zeit verschwinden, und bezeichnen dieß ganz richtig mit dem Ausdrucke: der Humus verflüchtigt. Nun ist zwar der verflüchtigte Humus der Pflanzenernährung nicht verloren, indem er die Atmosphäre befruchtet und von den Blättern der Pflanze als Nahrungsstoff aufgesogen wird; dieselben Verhältnisse aber, welche seine Verflüchtigung bewirkten, rascher Luftwechsel, sind auch die Ursache, daß er nicht, oder doch nur theilweise denselben Pflanzen, deren Ernährungsraume im Boden er entzogen wurde, sondern anderen, weit entfernten Gewächsen zu Gute kommt.

Ganz anders stellt sich dieß im geschlossenen Boden und Bestand unserer heutigen Waldwirthschaft dar. Im unberührten, mit einer doppelten Laubschichte bedeckten Boden, ist der Luftwechsel gemäßigt; daher sehen wir hier die Zersetzung der Streu zu Humus langsam vorschreiten, den fertigen Humus in nicht höherem Maße und nicht rascher zersetzt, als die Pflanze Bodennahrung bedarf. Es wird ferner auch der verflüchtigende Theil der Bodenfruchtbarkeit in dem geschlossenen Bestande zurückgehalten, da zwischen dem dichten Laubschirme und dem Boden nur geringer Luft-

wechsel statt findet. Die dem unterirdischen Ernährungsraume einer Pflanze entstiegene Bodenfruchtbarkeit wird dieser daher nicht entzogen, sondern verbleibt in ihrem oberirdischen Ernährungsraum, bis sie von den Blättern desselben Gewächses aufgenommen wird.

So wirkt also unser Wald mit seinen geschlossenen Beständen auf ein Bleiben der Pflanzennahrung am Orte; er wird dadurch selbstständig, während der Pflanzenwuchs eines dem Luftwechsel geöffneten Bodens und Bestandes von fremden, in der Ferne liegenden Einflüssen abhängig ist.

Wir ziehen aus dem Gesagten die Lehre, daß besonders solchem Boden, der an und für sich dem Luftwechsel in höheren Graden zugänglich ist, wie der Sand des Meeresbodens, ferner solchem Waldboden, der einer Anhäufung und Bedeckung von Dammerde zur Erhaltung seiner Feuchtigkeit nothwendig bedarf, ein Waldbestand gegeben oder erhalten werden müsse, der geeignet ist, der Holzpflanze die von ihr selbst oder von ihrem Mutterbaume erzeugte Bodenfruchtbarkeit innerhalb ihres Ernährungsraumes zu erhalten.

Nächstdem wirkt die atmosphärische Luft auch über dem Boden mächtig auf das Pflanzenleben ein; ihr Zutritt zur Pflanze ist sogar Bedingung des Lebens derselben. Aber auch hier ist es wiederum der Sauerstoffgehalt, welcher wirkend auftritt; der Stickstoff erscheint nur in sofern wichtig, als er die allzukräftige Wirkung des Sauerstoffs abstumpft; er ist Verdünnungsmittel, wie Wasser ein nothwendiges Verdünnungsmittel der Schwefelsäure ist, wenn diese nicht zerstörend wirken soll. Wir wissen, daß die Pflanze zur Nachtzeit und im Schatten Sauerstoffgas aus der Luft abscheidet und durch die Blätter aufnimmt, daß sie hingegen im Sonnenlichte Sauerstoffgas, und zwar im reinsten Zustande aushaucht. Dagegen scheint es, als diene der Sauerstoff der Atmosphäre den Pflanzen nicht als Nahrungsstoff. Wir schließen dieß aus dem Umstande, daß in den allgemeinsten und verbreitetsten Pflanzenstoffen der Sauerstoff zum Wasserstoffe in demselben Verhältnisse steht, wie im Wasser, daher es wahrscheinlich wird, daß die Pflanze den zu ihrem Wachsthume nöthigen Sauer- und Wasserstoff durch die Zersetzung eines Antheils vom aufgenommenen Wasser gewinne, während der von den Blättern im Lichte ausgeschiedene Sauerstoff aus der Zerlegung der Kohlensäure herstammt. Jedenfalls ist dadurch erwiesen, daß die Pflanze der Atmosphäre eben so viel Sauerstoff zurückgibt, als sie ihr entzieht. Da sich zwei Volumtheile Sauerstoff und ein Volumtheil Kohlenstoff zu zwei Volumtheilen Kohlensäure verdichten, so würde die Pflanze eben so viel Volum an Sauerstoff aushauchen, als sie Kohlensäure aufnimmt. Bei einer jährlichen Holz- und Blattproduktion von 3000 Pfunden reinen Kohlenstoffs pr. 1/4 Hektar würden, das Pfund Kohlenstoff = 1,7 Cubikmeter Kohlensäure gerechnet, während 150 Vegetationstagen im Jahre, täglich 144 Cubikmeter reines Sauerstoffgas von eines gut bestandenen Hektar Waldes in die Atmosphäre übergehen.

2. Die Kohlensäure der atmosphärischen Luft.

Den Kohlenstoff kennen wir in verschiedenen Zuständen, besonders im festen Zustande und ziemlich rein als Holzkohle, Ruß ꝛc. Die Ver-

brennung besteht in einer Verbindung von 72,64 Sauerstoff der Luft mit 27,36 Kohlenstoff der Kohle, des Holzes ꝛc. Der Kohlenstoff wird durch das Verbrennen nicht vernichtet, nicht einmal verringert, sondern verliert nur seine feste Form und wird zu einer Luft, die wir kohlensauer nennen (kohlensaures Gas). Die kohlensaure Luft, 1,5 mal schwerer als die atmosphärische Luft, mengt sich mit der atmosphärischen Luft und ist so lange ein Bestandtheil derselben, bis sie entweder durch die Blätter, oder in Verbindung mit atmosphärischer Feuchtigkeit durch Blätter und Wurzeln von der Pflanze aufgenommen und zu festem Kohlenstoff wieder verdichtet wird.

Die durch die Verbrennung in die Luft übergehende Kohlenstoffmasse ist sehr bedeutend. Bei weitem der größte Theil der jährlichen Holzernte wird früher oder später verbrannt; können wir nun annehmen, daß jährlich im Durchschnitte eben so viel Holz geerntet und beinahe eben so viel verbrannt wird, als in den Wäldern jährlich zuwächst, so wird der Luft durch den Verbrennungsproceß allein beinahe eben so viel Kohlenstoff zurückgegeben, als die Wälder ihr entnehmen.

Die nicht zur Verbrennung kommende Holzmasse der jährlichen Holzernte muß früher oder später ihren Kohlenstoffgehalt ebenfalls, wenigstens größtentheils, der Atmosphäre wieder zurückgeben; denn der letzte Zustand des verfaulenden Pflanzenkörpers ist ebenfalls der luftförmige, und nur derjenige Theil des Kohlenstoffs der gesammten Pflanzenproduktion eines Landes, welcher weder verbrannt wird, noch verfault, sondern vor seiner völligen Auflösung durch Fäulniß, als Nahrungsstoff von den Thieren und Nachtpflanzen[1] aufgenommen wird, ist der Luft so lange entzogen, bis die dadurch ernährten Pflanzen und Thiere zur Verbrennung oder zur Auflösung durch Fäulniß gelangen.

Außer dem Proceß der Verbrennung und der Fäulniß ist aber auch das thierische und pflanzliche Leben eine Quelle des atmosphärischen Kohlenstoffs. Von Thieren eingeathmete, von Kohlensäure freie Luft, enthält nach dem Ausathmen 8—8½ Proc. Kohlensäure; die Pflanzen athmen zur Nachtzeit und in Schatten Kohlensäure aus, und geben sie also unmittelbar der Luft zurück. Den thätigen Vulkanen entströmen bedeutende Mengen kohlensaure Luft; das Quellwasser verliert seinen Kohlensäuregehalt bei längerer Berührung mit der Luft und der Kohlenstoff der Stein- und Braunkohlenlager wird durch deren Ausbeutung der Atmosphäre zurückgegeben. In Menge findet sich der Kohlenstoff an Mineralien gebunden; der kohlensaure Kalk z. B. enthält 44 Proc. Kohlensäure. Glüht man

[1] Alle höher organisirten Pflanzen nähren sich nur von anorganischen Stoffen, zerlegen die Kohlensäure und geben der Atmosphäre deren Sauerstoff zurück. Es gibt aber eine Gruppe niederer Pflanzen, Vorläufer und Diener chemischer Zersetzung, die, dem Lichte abgeschlossen, Sauerstoff nie, sondern fortdauernd Kohlensäure aushauchen, die sie dem todten organischen Körper unmittelbar entziehen. Es gehören dahin die Gährungspilze der Dammerde und die Nachtfasern des Holzes. Ihrer Entstehung und Ernährungsweise im Innern des Holzes haben wir es zuzuschreiben, wenn das Abfallholz auf dem Boden unserer Wälder nach einigen Jahren so leicht wie eine Feder wird, ohne daß äußerlich eine Veränderung daran erkennbar ist. Wie das keimende Samenkorn zerlegen diese Pflanzen die Kohlensäure nicht, wie dieses bilden sie Kohlensäure, wie dieses bedürfen sie der Lichtwirkung nicht, daher ich sie Nachtpflanzen genannt habe, im Gegensatze zu den Kohlensäure zerlegenden Lichtpflanzen.

solchen Kalk, oder gießt man Säuren auf, so entweicht die Kohlensäure in Luftgestalt. So groß die Menge des mineralischen Kohlenstoffs ist, hat sie dennoch für das Pflanzenleben nur untergeordnete Bedeutung, da der Kohlenstoff vom Gestein nur durch außergewöhnliche Ereignisse getrennt wird.

Vorzugsweise durch Verbrennung und Fäulniß erhält die Atmosphäre ihren Kohlenstoffgehalt, derselben als kohlensaure Luft beigemengt und zwar auf jeden Raumtheil atmosphärische Luft nahe 3—7 Zehntausendtheile kohlensaure Luft. Saussure fand den Kohlensäuregehalt der Luft im Sommer bedeutend größer als im Winter und zwar im Verhältniß wie 7,13 zu 4,79. Man sollte meinen, es müßte dieß entgegengesetzt sich verhalten, da der Sommer die Zeit des Verbrauchs durch die Pflanzen ist, im Winter größere Mengen Kohlensäure durch die Verbrennung gebildet werden. Die im Sommer thätigere Fäulniß und Verwesung kann von obigem wohl kaum das Gegengewicht seyn, und müssen dieser Differenz wohl noch andere unbekannte Ursachen zum Grunde liegen, wohin vielleicht die größere Dichte der Winterluft gehört — Liebig berechnet das Gewicht des in der Atmosphäre enthaltenen Kohlenstoffs auf 2800 Billionen Pfunde, eine Masse, die gewiß hinreichend ist, die üppigste Vegetation zu ernähren.

Schon Saussure hatte die Vermuthung ausgesprochen, daß die Pflanze einen Theil ihres Kohlenstoffes aus dem Kohlensäuregehalt der Luft bezöge. Da diese Vermuthung jedoch nur auf dem Vorhandenseyn der Kohlensäure in der Luft ruhete, blieb die ältere Ansicht einer Ernährung der Pflanze durch Aufnahme von Humuslösungen um so mehr bestehen, als Saussure selbst dieselbe durch direkte Versuche nachgewiesen zu haben glaubte. Ich vermag die Resultate der Saussure'schen Versuche, den von mir erzielten gegenüber, nicht anders zu erklären, als daß dabei entweder Verletzung oder Krankheit der Bewurzelung stattgefunden habe, oder daß der beobachtete Verlust an Humuslösung aus einer Zerlegung derselben in Kohlensäure hervorgegangen war. Der von mir zuerst gelieferte direkte Beweis, daß Humuslösungen von unverletzten, gesunden Wurzeln eben so wenig wie andere Lösungen organischer Stoffe (Farbstofflösungen, Zucker, Gummi ꝛc.) aufgenommen werden (Anhang zu J. Liebig Organische Chemie, 1. Aufl.) fand noch in Schleiden (Grundzüge II. p. 469) eine, allerdings nicht auf Gegenbeweise fußende Gegnerschaft.[1] Indeß hat trotz alledem die Ansicht immer mehr Geltung gewonnen: daß die Pflanze nur von unorganischen Körpern sich ernähre, wie das Thier nur von organischen Körpern sich zu ernähren vermag.

Wenn wir heute eine Fläche feuchten, ausgewaschenen Dünensandes mit Kiefern anbauen, so finden sich nach einigen Decennien auf ihr, nicht allein im Holzbestande, sondern auch in einer reichen Humusschicht bedeutende Kohlenstoffmassen angesammelt, obgleich alljährlich die Zersetzung der sich bildenden Dammerde bedeutende Kohlensäuremengen der Luft zurückgegeben hat. Diese ganze, so bedeutende Kohlenstoffmasse kann nur dem Kohlensäuregehalte der Atmosphäre entnommen seyn. Es ist dieß in

[1] Daß Schleiden die Resultate und Folgerungen aus meinen Versuchen a. a. O. in seiner Polemik ganz entstellt wiedergegeben hat, zeigt der einfache Vergleich auch dem Unkundigen.

unseren Wäldern so augenfällig, daß schon der älteste Forstschriftsteller, Carlowitz, es aussprach: „Es müsse die Luft einen Nährstoff enthalten, der die Quintessenz aller Elemente sey."

Ferner: wenn unsere Wälder nur durch den Blattabfall und durch das Abfallholz gedüngt werden, so kann deren Zersetzung nicht mehr Kohlenstoff dem Holzbestande liefern als zur jährlichen Wiedererzeugung einer gleich großen Menge von Blättern und Abfallholz nothwendig ist. Wir wissen aber, daß alljährlich bedeutende Mengen von Kohlensäure aus der Dammerdeschicht in die Atmosphäre zurückgehen. Diese und die ganze Masse des bleibenden Holzbestandes kann nur aus der Atmosphäre stammen.

Muß man dieß zugeben, so bliebe immer noch der Einwand: daß auch die atmosphärische Kohlensäure erst in den Boden aufgenommen werden müßte, um aus diesem durch die Pflanzenwurzeln aufgesogen zu werden. Es sind in Bezug auf diesen Einwand zwei Fälle zu unterscheiden. Entweder wird die vom Boden aus der Atmosphäre absorbirte Kohlensäure nur mit dem Bodenwasser aufgenommen — ob rein oder in Verbindung mit anderen Körpern ist in vorliegender Beziehung gleichgültig — oder es kann dieselbe auch in Gasform von den Wurzeln aufgenommen werden.

In Bezug auf den ersten dieser Fälle ergibt diejenige Wassermenge, welche alljährlich von den Wurzeln eines Bestandes aufgenommen werden kann und deren Gehalt an Kohlensäure, das mögliche Quantum der Kohlensäurezufuhr auf diesem Wege. Nun gibt es große Bodenflächen, die ihre Feuchtigkeit nur dem jährlichen Regen, Schnee und Thau verdanken. Bei einer jährlichen Menge dieser Niederschläge = 28 Zoll Schichthöhe, bei einem Kohlensäuregehalte des Bodenwassers = 2,5 Volumprocenten, würden auf diesem Wege nicht mehr als 23,6 Cubikmeter Kohlensäure = 27,5 Pfund Kohlenstoff in den Holzbestand von $^1/_4$ Hektar Bodenfläche aufgenommen werden können, dessen jährliche Kohlenstofferzeugung an Holz, Laub und Früchten möglicherweise 5000 Pfunde betragen kann. Daß die im Bodenwasser enthaltene Kohlensäure von den Pflanzenwurzeln wirklich, und zwar mit Auswahl aufgenommen werde, habe ich durch ein Experiment unmittelbar erwiesen (Liebig org. Chem. 1. Aufl. S. 194); allein aus Vorstehendem erhellet, daß auf diesem Wege noch nicht $^2/_3$ Proc. des Bedarfs gedeckt werden können, selbst unter der Annahme: daß der ganze jährliche Regenniederfall von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werde, was selbstverständlich nicht der Fall ist.

Der zweite mögliche Fall, die Aufnahme nicht dem Bodenwasser beigemengter, vom Boden aus der Luft absorbirter Kohlensäure durch die Wurzeln, liegt außer dem Bereiche der Beobachtung. Sie kann wenigstens da nicht eintreten, wo der Boden das ganze Jahr hindurch mit Wasser gesättigt ist. Es ist dieß der Fall im Boden vieler unserer Erlenbrüche und Weidenheeger. Die Kohlensäure kann hier nur durch das Wasser den Pflanzenwurzeln zugehen. Der Gehalt des Wassers an Kohlensäure ist aber nicht so groß, der Ersatz der dem Wasser entzogenen Kohlensäure von außen her geht nicht so rasch von Statten, daß sich hieraus die mächtige Kohlenstoffproduktion auch dieser Wälder ableiten ließe. Müssen wir aber für diese Fälle zugeben, daß die Pflanze mehr als 99 Proc. ihres Kohlen-

stoffbedarfs durch die Blätter unmittelbar der Atmosphäre entnehme, so ist durchaus kein Grund vorhanden, dieß Vermögen nicht auch den übrigen Pflanzen auf anderem Standorte zuzuschreiben.

Wie die Aufnahme der atmosphärischen Kohlensäure durch die Blätter geschehe, wissen wir nicht. Nur so viel läßt sich berechnen, daß durch die stete Bewegung der Luft dem üppigsten Pflanzenwuchse eine genügende Menge von Kohlensäure zugeführt werde. Ich habe nachgewiesen, daß, wenn jedes Blatt eines 1/4 Hektar großen, 60jährigen Lärchenbestandes, während einer jährlichen Absorptionszeit von 10.120 = 1200 Stunden, in jeder Zeitsekunde eine die gesammte Blattoberfläche umgebende Luftschicht von 0,05 Millimeter Höhe ihres durchschnittlichen Gehaltes an Kohlensäure beraubt, der in derselben Zeit durch Luftwechsel ersetzt wird, dadurch allein 5000 Pfunde Kohlenstoff aufgenommen werden können.

Wie das Wasser der Erde und der Luft, so ist auch der atmosphärische Kohlenstoff in einem beständigen Kreislaufe begriffen. Das Wasser der Erde verdunstet, geht in die Luft über, sammelt sich in der Luft zu Wolken, wird der Erde im Regen, Schnee ꝛc. wiedergegeben, und weilt so lange als Wasser auf der Erde, bis es dieser von neuem in Dunstgestalt entweicht. So auch der Kohlenstoff der Luft; er wird von den Pflanzen eingeathmet und verdichtet sich in ihnen zu festem Kohlenstoff, weilt als solcher so lange auf der Erde, bis er durch Verbrennung, Verwesung ꝛc. wieder flüchtig und der Luft wiedergegeben wird, aus der ihn die Pflanze von neuem wieder aufsaugt und festhält.

In diesem großen Kreislaufe des atmosphärischen Kohlenstoffes spielt daher die, einem Stoffwechsel[1] nicht unterworfene Pflanze eine wichtige Rolle. Sie ist es, durch die der Kohlenstoff verdichtet und festgehalten wird. Durch welche Werkzeuge dieß geschehe, ist in der Pflanzenlehre nachgewiesen; hier habe ich nur auf die Verschiedenheiten aufmerksam zu machen, die in dieser Hinsicht zwischen den Pflanzen des Waldes und denen der Felder und Wiesen, oder richtiger zwischen den mehrjährigen Holzpflanzen und den einjährigen Gräsern und Kräutern stattfindet.

Der beste Ackerboden wird mit der Zeit unfruchtbar, wenn ihm nicht wenigstens der größere Theil seiner jährlichen Erzeugung im Dunge wiedergegeben wird, und nur solcher Boden macht hiervon eine Ausnahme, der große Humusmengen aufgespeichert enthält, wie das Marschland, der Wiesen- und Moorboden; wohingegen sandiger leichter Boden durch Ackergewächse weniger Kohlenstoff erzeugt, als er zur Erhaltung seiner Fruchtbarkeit fordert, und daher eines Zuschusses von fremden Grundstücken bedarf (Waldstreunutzung), wenn er fruchtbar bleiben soll. Ganz anders verhält sich in dieser Hinsicht die Holzpflanze; ein geringer Theil der jährlichen Kohlenstofferzeugung eines Bestandes, schon allein der jährliche Laubabfall der Kiefer genügt, um selbst dem unfruchtbarsten Boden, der reinen Sand-

[1] Abgesehen von den vorübergehenden Folgen der Mastung wird das ausgewachsene Thier auch bei der reichlichsten Ernährung nicht schwerer; es gibt also täglich der Atmosphäre in Dunstform eben so viel Stoff zurück, als es Nahrung assimilirt. Abgesehen vom Blatt-, Frucht- und Reiser-Abfalle fixirt hingegen die Pflanze alle assimilirten Nahrungsstoffe bis zu ihrem Lebensende, sie wächst nie aus!

scholle, eine reichliche Beimengung von Dammerde zu geben; die ganze Holzmassenerzeugung des Bestandes ist reiner Ueberschuß. Die Holzpflanzen haben daher in weit höherem Grade als die Gräser und Kräuter das Vermögen, den Kohlenstoff der Luft zu fixiren; die Bestände der Wälder sind eine örtliche Anhäufung ungeheurer Kohlenstoffmassen,[1] und wirken dadurch nicht weniger auf die Fruchtbarkeit der Luft ein, als durch ihren Einfluß auf die Feuchtigkeit der Atmosphäre.

Der Wald verhält sich zur Fruchtbarkeit der Atmosphäre wie sich die Gesteinbrocken des Bodens zu dessen Feuchtigkeit, wie sich das Sumpfmoos zum Versumpfungswasser verhält. Wie diese die Feuchtigkeit, so entzieht er den wechselnden Luftmassen die Kohlensäure, nährt sich vom Vorübergehenden und gibt seiner Umgebung nachhaltig den reichlichen Ueberschuß des durch ihn Aufgespeicherten. Es ist die vom Wald durch dessen Blattthätigkeit aufgenommene Kohlenstoffmasse so groß, daß, trotz der Fixirung großer Mengen zum bleibenden Waldbestande, dennoch täglich und stündlich große Mengen der Luft wieder zurückgegeben werden, durch Blattausscheidung sowohl wie durch Verwesung der Dammerde.

Hierin liegt eine, wenn nicht größere, doch gewiß ebenso große Einwirkung unserer Wälder auf die Fruchtbarkeit der Länder, als im Verhalten der Wälder zur Feuchtigkeit. In wasserarmen Ländern mag die Bedeutung der Bewaldung in letzterer Rücksicht ebenso wichtig seyn; für unser, reichlich mit andern Feuchtigkeitsquellen gesegnetes, von Meeren vielseitig umgebenes Deutschland hat die Einwirkung der Wälder auf den Kohlenstoffgehalt der Luft gewiß eine wichtigere Bedeutung. Es läßt sich wohl leicht durchschauen, daß ein großer, in vielen Theilen Deutschlands der größte Theil der jährlichen Ackererzeugung, nicht allein durch die Streuabgabe, in viel höherem Grade durch jenen mächtigen Einfluß der Wälder auf die Fruchtbarkeit der umgebenden Luftmassen, mittelbar aus dem Walde stammt.

3. Die Feuchtigkeit der Atmosphäre.

Die wichtigste der Quellen atmosphärischer Feuchtigkeit sind die Wasserflächen, die nassen und feuchten Körper der Erde.

Wasser verdunstet, d. h. es verbindet sich mit freier Wärme, wenn dieser der Zutritt gestattet ist, und nimmt in dieser Verbindung Luftgestalt an; das Wasser wird zum Wasserdunst oder Wassergas. Wie Wassermassen verdunsten, so entweicht auch das Wasser feuchter oder nasser Körper durch Verbindung mit Wärme; der Körper trocknet.

Durch diese Verbindung entsteht also auf einer Seite Wassergas, während auf der andern Seite flüssiges Wasser und freie Wärme verschwinden.

[1] Liebig schreibt dem Walde keine wesentlich größere Kohlenstoffproduktion zu als dem Ackerlande und der Wiese, durchschnittlich nahe 1000 Pfunde reinen Kohlenstoffs jährlich pr. Morgen. Ich habe in den Erfahrungstafeln meines Werkes über den Ertrag der Rothbuche, wie in denen meines Lehrbuches der Pflanzenkunde vielfältig nachgewiesen: daß allein die jährliche Lauberzeugung eines gut bestandenen Morgens Wald nahe 2000 Pfund reinen Kohlenstoffs enthalten, die Gesammterzeugung über 5000 Pfunde steigen könne.

Die Verdunstung vermindert daher die freie fühlbare Wärme. Verdunstende Wasserflächen erniedrigen die Luftwärme.

Die Verdunstung geht um so rascher von statten, je größer die Oberfläche des verdunstenden Körpers, je größer die Wärme, je geringer der Luftdruck ist, und je rascher die Luft über dem verdunstenden Körper wechselt.

Auch Thiere und Pflanzen sind durch Verdunstung eine beachtenswerthe Quelle atmosphärischer Feuchtigkeit. Besonders letzteren hat Schübler eine außergewöhnlich große Verdunstungsfähigkeit zugeschrieben, selbst im Vergleich mit verdunstenden Wasserflächen. Ich werde in der Lehre vom Klima zeigen, daß dieß mit meinen Erfahrungen keineswegs übereinstimmt.

Das, diesen Quellen entspringende Wassergas geht in die, den verdunstenden Körper umgebenen Luftschichten über und sättigt dieselben bis zu dem ihnen eigenthümlichen, durch ihre Wärme bestimmten Grade mit Feuchtigkeit. Ist die den verdunstenden Körper umgebende Luft mit Wassergas vollständig gesättigt, so hört die Verdunstung auf; sie wird daher durch Luftwechsel befördert, wenn dadurch die mit Feuchtigkeit gesättigte Luft durch trockene ersetzt wird.

Ein Cubikmeter Luft, mit Wasserdampf gesättigt, enthält bei — 10^0 3 Grm., bei 0^0 5,4 Grm., bei + 10^0 10 Grm., bei + 20^0 17 Grm. Wasser. In freier Luft tritt die Sättigung mit Wassergas jedoch nur örtlich beschränkt und vorübergehend ein, z. B. bei der Thaubildung; der Wassergehalt übersteigt während der Vegetationszeit durchschnittlich 66 Procent obiger Gewichtsmengen nur um Weniges; in den Wintermonaten hingegen steigt der an sich geringere Wassergehalt bis auf 86 Proc. seines Maximum. Im Sommer und in der Ebene enthält die Luft daher mehr Wasser als im Winter und auf Bergen. Die Winter- und Bergluft ist aber relativ feuchter, in so fern sie dem an sich geringeren Maximum des Wassergehaltes (dem Thaupunkte) näher steht.

Das Wassergas behält seine Luftform nur bei gewissen höheren Wärmegraden; Abkühlung verwandelt es in Wasserdampf. Die Blasen, welche sich im kochenden Wasser bilden, sind Wassergas; dieß behält seine Luftform noch außer dem Wasser in der Nähe desselben und verwandelt sich erst in einiger Entfernung von der kochenden Wasserfläche in sichtbaren Dampf; leitet man einen kälteren Luftstrom über die Fläche des kochenden Wassers durch Blasen oder Fächeln, so sieht man den Dampf dicht über der Oberfläche des Wassers sich bilden.

Das Wassergas ist leichter wie die atmosphärische Luft, muß daher schon an und für sich in dieser in die Höhe steigen; außerdem wird es durch den aufsteigenden Luftstrom mit in die Höhe gerissen. Wir wissen aber, daß die Wärme der Luft in höheren Luftschichten geringer wird. Das aufsteigende Wassergas muß daher endlich in eine Luftschicht gelangen, in welcher die Wärme so gering ist, daß die Feuchtigkeit aus der Luftform in die Dampfform übergeht. Dampf besteht aus Wasserbläschen, die so klein und leicht sind, daß sie sich in der Luft schwebend erhalten. Die Luftschicht, in welcher das Wassergas zu Wasserdampf zusammentritt, nennen wir die Wolkenregion, der angehäufte Wasserdampf erscheint uns als Wolke. Befindet man sich auf hohen Bergen innerhalb einer Wolke, so

erscheint sie uns als ein mehr oder weniger dichter Nebel. Die Wolkenregion ist höher, je wärmer und je trockener die Luft ist. Bei sehr feuchter Luft und plötzlicher Abkühlung kann die Wolkenbildung dicht über der Oberfläche des Bodens vor sich gehen; diese Wolken nennen wir dann Nebel.

Eine andere Ursache der Verwandlung des Wassergases zu Wasserdampf wird die Vermischung ungleich erwärmter, mit Feuchtigkeit gesättigter Luftströme, die jedesmal einen Niederschlag zur Folge hat, weil bei der mittlern Wärme beider Luftströme weniger Wasser sich in Luftform zu erhalten vermag, als bei der bisher getrennten Wärme beider Ströme. Auf diesem Wege kann sich Regen, Nebel, Thau überall, selbst in den untersten Luftschichten erzeugen. So entsteht der Nebel über Gewässern allein dadurch, daß die über dem Festlande befindliche Luft rascher und in höherem Grade abgekühlt wird, als die über dem Gewässer liegenden Luftschichten, und von allen Seiten dorthin strömt. Gefrorener Wasserdampf ist Reif und Duft.

Die Bläschen des Wasserdampfes treten bei steigender Abkühlung entweder zu Schnee, oder zu Regentropfen, oder zu Hagelkörnern, oder Graupeln zusammen, werden dadurch so schwer, daß sie sich in der Luft nicht mehr zu erhalten vermögen, und fallen auf die Erde zurück.

Wie der Kohlenstoff, so ist auch die Feuchtigkeit der Atmosphäre und der Erde einem beständigen Kreislaufe unterworfen; auch hier ist die Pflanze, jedoch nur für einen Theil der circulirenden Feuchtigkeit, Durchgangskörper. Die Nothwendigkeit des Kreislaufs beider Stoffe läßt sich sehr leicht erkennen. Nur durch ihn wird die aus Kohlensäure und Feuchtigkeit zusammengesetzte Pflanzennahrung allseitig vertheilt; wo Luft ist und Luftwechsel stattfindet, sind dadurch auch die Bedingungen des Pflanzenlebens gegeben; nur durch den Kreislauf der luftförmigen Pflanzennahrung und durch deren allseitige Verbreitung von ihren Quellen aus vermag der Fels, der unfruchtbare Sand sich mit Pflanzen zu bedecken; der Pflanzenwuchs jedes von Dammerde freien Bodens ist lediglich von der, durch den Kreislauf der luftförmigen Nahrungsstoffe zugeführten Nahrung abhängig.

Bestätigen fortgesetzte Untersuchungen die neueren Beobachtungen über das Verhalten der Pflanzen zur atmosphärischen Feuchtigkeit, dann hat diese nur in so fern einen direkten Einfluß auf das Pflanzenleben, als sie den Grad der Wasserverdunstung durch die Blätter, mithin auch den Bedarf an Wasserzufuhr aus dem Boden bestimmt, da die Pflanzen um so weniger verdunsten, je mehr die Luft mit Feuchtigkeit gesättigt ist. Bestätigt es sich, daß die Pflanze ihren Wasserbedarf nur durch die Wurzeln aus dem Boden bezieht, so wird die atmosphärische Feuchtigkeit dadurch nicht weniger wichtig für das Pflanzenleben, da sie die wichtigste, in vielen Fällen die einzige Quelle der Bodenfeuchtigkeit ist, die nicht allein als Nahrungsstoff der Pflanze dient, der sie den Sauerstoff- und Wasserstoffbedarf liefert (unter der sehr wahrscheinlichen Voraussetzung, daß der von den Blättern unter Lichtwirkung abgeschiedene Sauerstoff aus der Zerlegung der Kohlensäure stammt), sondern auch Zuführungsmittel aller mineralischen Nährstoffe aus dem Boden ist, die jeden Falles nur in wäßriger Lösung von den Wurzeln aufgenommen werden können, wenn auch, neuesten Beobachtungen

zu Folge, das Bodenwasser nicht in dem Sinne als Zuführungsmittel mineralischer Bodenbestandtheile sollte betrachtet werden dürfen, als dieß bisher geschah. Es hat sich nämlich ergeben, daß Ammoniak- und Kalisalze, in wäßriger Lösung durch Ackererden filtrirt, ihr Ammoniak und Kali an diese abgeben und zwar unter Verlust der Lösbarkeit des Ammoniaks und des Kali in Wasser. Liebig gründet darauf die Ansicht: daß die Pflanzenwurzeln es seyen, welche durch einen noch unerforschten Akt organischer Thätigkeit über ihre eigenen Grenzen hinaus wirksam, die Löslichkeit der Alkalien in Wasser wiederherstellen, um diese durch die Wurzeln aufnehmen zu können. Daß die Pflanze, gebunden an ihren Standort, das Vermögen besitze, über die Grenzen des eigenen Herdes hinaus wirken zu können, ist auch meine Ansicht, die ich in mannigfaltigen Erscheinungen des Befruchtungs-, Keimungs- und Ernährungsprocesses nachgewiesen habe. Indeß steht der Nutzanwendung obiger Beobachtung zur Zeit noch die Thatsache entgegen: daß die sorgfältigsten, auch auf Erforschung der stickstoffhaltigen Bestandtheile des Bodens gerichteten Analysen, eine jenem Experiment entsprechende Anhäufung von Alkalien nicht nachweisen. Bei dem bedeutenden Gehalt der atmosphärischen Niederschläge an Ammoniak und Kali (Seite 21, 22) müßte in einem, längere Zeit in Brache liegenden Boden, im Boden unserer Waldblößen, der Viehweide entzogener, pflanzenarmer Culturflächen, schon nach wenigen Jahren eine Quantität von Ammoniak und Kali sich ansammeln, die der Beobachtung in mehr als „Spuren" sich ergeben würde. Ferner muß man fragen: wenn die Ackererde das zugeführte Ammoniak so energisch bindet, woher rührt dann der ammoniakalische Geruch frischer Garten- und Dammerde, der doch auf ein stetes Entweichen dieses Alkali hindeutet. Es könnte sich mit der Fixirung des Ammoniak im Boden ebenso verhalten wie mit der Unlöslichkeit des Humus, die nur in der Digerirflasche des Laboratoriums wirklich besteht, von der der Boden in seiner natürlichen, den Atmosphärilien exponirten Lage nichts weiß (S. Feuchtigkeit des Klima und Ernährung).

4. Luftstaub und Salzlösungen.

Bei heftigen Winden werden die feinsten Staubtheilchen zerstörter organischer Körper in die Luft gehoben und erhalten sich darin, vom Luftstrome getragen, längere oder kürzere Zeit. Mit der Verdunstung des Wassers gehen ferner geringe Mengen aufgelöster Salze mit dem Wassergas in die Luft und werden so ein Bestandtheil des Wasserdunstes der Wolkenregion. Verdichtet sich dieser zu Regen, Schnee, Hagel ꝛc., so fallen mit diesem auch jene Substanzen auf die Erdoberfläche zurück.

Die atmosphärischen Niederschläge bestehen daher nie aus durchaus reinem Wasser, sondern enthalten stets eine, wenn auch geringe Menge fremder Stoffe, die in neuerer Zeit am genauesten von C. Bertels gemessen und bestimmt wurden (Journal für praktische Chemie XXVI. S. 89—96. 1842).

Unter Annahme einer 0,9 Meter betragenden Höhe sämmtlicher atmosphärischer Niederschläge während eines Jahres, daher einer Schnee-, Regen-

und Thaumenge von nahe fünf Millionen Pfunde jährlich auf 1/4 Hektar, fand Bertels im Durchschnitte aus monatlich wiederholten Untersuchungen während eines Jahres

Kohlensaure Kalkerde	31,7 Pfund (alt)
Kohlensaure Talkerde	24,5 „
Salzsaures Natron (Kochsalz)	32,4 „
Schwefelsaure Kalkerde (Gyps)	24,6 „
Eisenoxyd	10,8 „
Alaunerde	13,0 „
Kieselerde	27,0 „
Organisch stickstoffhaltige Körper	35,9 „
Verlust — als kohlensaures Kali, Ammoniak und Humussäure berechnet	26,0 „
Summa	215,9 Pfund = 202 Pfund neu

feste Rückstände in der Menge des jährlichen atmosphärischen Niederschlages auf 1/4 Hektar, worunter 150 Pfund Salze, Erden und Metalloxyde.[1]

Nimmt man als Mittelsatz 1000 Pfunde trocknen Holzes = 20 Cubikfuß, den Aschengehalt derselben = 12 Pfunde an, so würden obige 150 Pfunde an Salzen &c. für eine jährliche Holzproduktion von 8,5 Cubikmeter pro 1/4 Hektar hinreichen, während, mit Einschluß der jährlichen Laubproduktion, selbst in vollkommnen Beständen selten mehr als die Masse von 3 Cubikmeter auf 1/4 Hektar erzeugt wird. Es liefert also die Atmosphäre nicht allein den nöthigen Kohlenstoff, Sauerstoff und Wasserstoff, sondern auch hinreichende Mengen mineralischer Nahrungsstoffe, mit Ausschluß des Phosphor, den wie es scheint, die Pflanzen nur aus dem Boden beziehen können.

5. Ammoniak und Salpetersäure.

In einer bewaldeten Gegend der Vogesen untersuchte Boussingault während der Monate Juli bis November den Gehalt der atmosphärischen Niederschläge an Ammoniak und Salpetersäure. Nach den gewonnenen Resultaten gehen, bei einer Regenmenge von 0,62 Meter Schichthöhe, dem 1/4 Hektar dadurch jährlich 25 Pfund zu, von denen 1/4 Salpetersäure, 3/4 Ammoniak sind. Das Schneewasser enthält in dem Verhältniß = 0,55 : 0,2 mehr an diesen Stoffen und im Thau und Nebel kann der Gehalt auf das mehr als Hundertfache steigen. Demohngeachtet reicht die auf diesem Wege sich ergebende Stickstoffzufuhr durchaus nicht hin, um eine in unsern Wäldern zeitweise sehr bedeutende Stickstoffproduktion zu ergeben. In sehr reichen Samenjahren unter günstigen Bestandsverhältnissen kann 1/4 Hektar Buchenwald 2300 Pfunde Eckerig = 1600 Pfunde Kernmasse = 1300 Pfunde Klebermehl mit 9,5 Proc. Stickstoff = 123 Pfunde Stickstoff erzeugen. Jene 25 Pfunde Salpetersäure und Ammoniak decken also nur einen sehr kleinen Theil des Bedarfs, zumal da von ihnen ohne Zweifel ein großer Theil nicht zur Aufnahme in die Pflanze gelangt.

[1] Etwas abweichend hiervon sind die Resultate der Untersuchungen Barral's. Er fand an festem Rückstande aller Niederschläge eines Jahres 129 Pfund pr. 1/4 Hektar. Darunter 55% Gyps, 7% Kochsalz, 38% organische, in Aether lösliche Substanz.

Nehmen wir nun an, daß jene Stickstoffzufuhr für die Holzproduktion samenarmer Jahre ausreichend sei, so muß doch periodisch mit dem Eintreten reicher Samenjahre ein Ausfall eintreten, dessen Deckung weder durch den jährlichen Blattabfall, noch durch die absterbenden Thierleiber der Dammerdeschicht erfolgen kann, da beide jährlich reproducirt werden, daher einen der Zufuhr gleichen Abgang an Stickstoff veranlassen. Folgende Hypothesen stehen in Bezug auf die Quellen des Mehrverbrauches nahe gleichberechtigt nebeneinander: bedeutender Ammoniakgehalt der hygroscopisch vom Boden aufgenommenen Feuchtigkeit der Luft; Ansammlung von Ammoniak im Boden aus vorhergegangenen längeren Zeiträumen des Minderverbrauchs; Ammoniakbildung im Boden selbst, aus dem Stickstoff der Luft und dem Wasserstoffe des Humus im Augenblicke der Wasserstoffbefreiung. Der ersten Hypothese fehlt zur Zeit noch jede bestätigende Thatsache. Einer Ansammlung von Ammoniak, wie sie neuere Beobachtungen wahrscheinlich machen, steht die Flüchtigkeit oder die Leichtlöslichkeit der möglichen Ammoniakverbindungen und die Thatsache entgegen, daß eine größere Ammoniakmenge als Folge mehrjähriger Aufspeicherung außer dem Bereiche unserer Erfahrungen liegt, daß im Gegentheil der starke ammoniakalische Geruch der Gartenerde, des Humus, auf ein stetes Entweichen beträchtlicher Mengen gebildeten Ammoniaks hindeutet; daher ich mich am meisten der Annahme hinneige, einer Ammoniak- und Salpetersäurebildung im Boden selbst.

In Vorstehendem bin ich der Annahme gefolgt, daß das Ammoniak der Atmosphäre dem Boden zugehen müsse, um aus diesem von den Pflanzenwurzeln aufgenommen zu werden. Indeß steht nichts der Annahme entgegen, daß ein Theil des atmosphärischen Ammoniak durch die Blätter direkt der Atmosphäre entnommen werde. Müssen wir zugeben: daß dieß in Bezug auf die Kohlensäure der Fall sey und daß das Ammoniak in der Atmosphäre in Verbindung mit der Kohlensäure gasförmig vorkommt, so liegt die Annahme eines gleichzeitigen Bezuges beider als kohlensaures Ammoniak sehr nahe, um so mehr, als sich daraus jenes Mißverhältniß zwischen Zufuhr und Verbrauch am einfachsten erklären würde.

In Bezug auf den Ursprung des Salpetersäuregehalts der Atmosphäre kann man annehmen, daß, wie in Dammerde und Ackerkrume Ammoniak sich bilden kann aus dem Wasserstoff der sich zersetzenden organischen Substanz und dem Stickstoff der Luft, Salpetersäure unmittelbar in der Luft entstehen könne durch atmosphärische Elektricität aus dem Sauerstoff des zerlegten Wassers und dem Stickstoff der atmospärischen Luft.

Zweites Kapitel.

Vom Klima.

Klima nennen wir die örtlich verschiedene Eigenthümlichkeit des Dunstkreises unserer Erde, nach dessen Wärme und Feuchtigkeitsmenge, nach dessen Ruhe oder Bewegung, Klarheit oder Trübe. Während die **Meteorologie** mit den Stoffen und Zuständen der Atmosphäre im Allgemeinen sich beschäftigt, hat es die **Klimatologie** mit den hierin ört-

lich bestehenden Verschiedenheiten zu thun. Man könnte sie auch Atmosphärographie nennen.

Die Klimatologie in ihrer Nutzanwendung auf den Pflanzenbau ist ein beschränkter Theil der allgemeinen Klimatologie, indem manche klimatischen Zustände unseren Pflanzenbau überhaupt nicht berühren oder in ihrem Einfluß auf denselben noch so wenig bekannt sind, daß z. B. aus der Verschiedenheit magnetischer, electrischer, optischer Zustände, eine Nutzanwendung in dieser Hinsicht noch nicht erkannt ist. Es sind das Gegenstände, die der Wissenschaft angehören, die aber in Bezug auf die uns vorliegenden Zwecke zur Zeit noch und so lange außer Acht bleiben können, bis eine Nutzanwendung auf unseren Pflanzenbau gefunden ist. Wir müssen in der Beschränkung hier sogar noch weiter gehen und alle außerhalb der Grenzen Mitteleuropas liegenden Verhältnisse außer Acht lassen, so weit das Allgemeine und Ferne nicht einer Erklärung des Besonderen und Heimischen dienstbar ist.

Die, einer Oertlichkeit eigenthümliche Beschaffenheit der Atmosphäre ist von größerem Einflusse auf das Leben und Gedeihen der Pflanzen, als selbst die im Boden vorkommenden Verschiedenheiten der Fruchtbarkeit. In jedem genügend feuchten Boden können wir jede Pflanzenart erziehen, wenn die atmosphärischen Zustände ihr zusagen, aber nicht jede Pflanze können wir in jedem Klima erziehen, selbst nicht unter den ihr günstigsten Bodenverhältnissen.

Es gibt keinen Boden, der nicht die zur Ernährung der Pflanzen aus ihm nöthigen Nährstoffe enthält, wenn er nur die nöthige Feuchtigkeit, Lockerheit und Tiefe besitzt. Dagegen gibt es Luftstriche genug, die, durch Mangel an Wärme und Licht, dem Pflanzenwuchse entweder unbedingt, oder doch in Bezug auf viele Pflanzenarten sich abschließen. Wärme und Licht sind die wichtigsten Bedingungen des Gedeihens der Pflanzen.

1. Die Wärme.

Die Pflanze ist von äußerer Wärme viel abhängiger als das Thier, da ihr eine innere Wärmequelle fehlt. Sie nimmt tropfbare Flüssigkeit durch die Wurzel aus dem Boden in sich auf und gibt diese in Dunstform durch die Blätter der Atmosphäre zurück. Da dieß nur möglich ist unter Hinzutritt bedeutender Wärmemengen, die im Wasserdunste gebunden werden, da diese Wärmemengen nur aus der Umgebung der Pflanze entnommen werden können, so beruht hierauf das größere Bedürfniß der Pflanze an äußerer Wärme, deren größere Abhänglichkeit vom Klima (geographische Verbreitung). Wird die Pflanze während der Vegetationszeit von außen her nicht in dem Maße erwärmt als ihre Verdunstung dieß erfordert, wird sie dadurch genöthigt, die der Verdunstung nöthige Wärme sich selbst zu entnehmen, dann erkaltet sie hierdurch rasch in hohem Grade, selbst bis zum Frosttode bei einer Temperatur, die auf das thierische Leben ganz ohne nachtheiligen Einfluß ist. Darin, in der Selbsterkaltung durch organische Verdunstung und nicht in einer unerwiesenen, überwiegenden Wärmestrahlung finde ich die Ursache: daß die Temperatur der bethauenden Gräser oft 5—6° unter die Temperatur der umgebenden Luftschichten hinabsinkt; daraus erklärt es sich, wenn die lebendigen Säfte selbst der zartesten Pflanzentheile

auch in der größten Sonnenhitze kühl bleiben, wenn an den heißesten Sommertagen die kleinsten Früchte ihre labende Frische sich und uns erhalten. Daher wirken alle in die Vegetationszeit fallenden, wenn auch geringen Früh- und Spätfröste so nachtheilig auf das Pflanzenleben ein, während außerhalb dieser, im Spätherbst und im Winter, die Säfte selbst zärtlicher Pflanzen bis ins Mark zu Eis erstarren können, ohne daß dieß ihrer Gesundheit nachtheilig wird. Wenn gewisse Pflanzen der heißen Zone in unserem Klima schon bei 4—5° Wärme erfrieren, andere Pflanzen desselben Vaterlandes weniger empfindlich sind, so vermag ich eine Erklärung hierfür nur darin zu finden, daß erstere einer größeren äußeren Wärme für ihre Verdunstung bedürfen. Das Nichtgedeihen südlicher Pflanzen im kälteren Klima des Nordens oder in größerer Meereshöhe — die geographische Verbreitung — beruht jedoch sicher auch darauf: daß ihre Vegetationszeit, deren Anfang und Ende, der Wärmevertheilung im nördlichen Klima nicht entspricht, in Zeiträume fällt, denen die nöthige Wärme fehlt. Das Acclimatisiren der Pflanzen mag vorzugsweise wohl in einer Veränderung der Vegetationstermine beruhen.

Nur der Wärmemangel schadet der Pflanze. Innerhalb gewisser Grenzen scheint ein Uebermaß an Wärme den Pflanzen nicht nachtheilig zu seyn. Die Gletscherweiden gedeihen recht gut, selbst in der warmen Luft unserer Treibhäuser.

Die Wärme ist zugleich der wichtigste Faktor aller anderen ververschiedenen Zustände der Atmosphäre. Nicht allein daß ihre Größe, ihre örtlich verschiedene Vertheilung in die Tage des Jahres und in die Stunden des Tages an sich einen wesentlichen Einfluß auf das Pflanzenleben ausübt, sie vermittelt auch den Uebergang terrestrischer in atmosphärische, dieser in terrestrische Feuchtigkeit, sie ist ebenso die Ursache jeder Luftbewegung und dadurch der Mischung und Ausgleichung warmer und kalter, trockner und feuchter, klarer und getrübter Luftmassen.

Die einzige beachtenswerthe Quelle atmosphärischer Wärme ist die Sonne. Es werden zwar, durch Verbrennung in und außer dem thierischen Körper, an sich nicht unbedeutende Wärmemengen frei, allein im Vergleich zur Sonnenwärme ist deren Menge doch eine verschwindend kleine. Auch muß, beim steten Wechsel in der Zusammensetzung brennbarer Körper der Erde, auf der anderen Seite eine Wärmemenge gebunden werden, die der Menge entbundener Wärme gleich ist. Die innere Erdwärme mag in früheren Schöpfungsperioden wesentlich auf Erhöhung der atmosphärischen Wärme mitgewirkt haben. Daß dieß heute nicht mehr der Fall ist, geht daraus hervor: daß die Bodenwärme bis zu einer Tiefe von 22 Meter abwärts, den Temperaturdifferenzen der Atmosphäre, wenn auch langsam und ermäßigt folgt, in jener Tiefe fortdauernd eine, der durchschnittlich jährlichen Luftwärme desselben Ortes gleiche Größe zeigt und erst von da abwärts um 1° R. mit jeden 31 Meter größerer Tiefe zunimmt. Das schlechte Wärmeleitungsvermögen der verhältnißmäßig dünnen Erdrinde wird als Ursache dieses Abschlusses der inneren Erdwärme angesehen. Es ist dasselbe zugleich die Ursache, daß das Eindringen des Frosts in den Boden durch Bedecken desselben mit Laub, Stroh, Mist ꝛc. verhindert oder gemäßigt, wird

indem diejenige Wärme, welche der Boden im Sommer durch die Sonne erhalten hat, dadurch bis tief in den Winter hinein in ihm zurückgehalten wird.

Ist es aber die Sonne allein, welcher die Atmosphäre, der Boden und das Pflanzenleben den nöthigen Bedarf an Wärme verdankt, so muß die Menge derselben zunächst abhängig seyn von der Zeitdauer der Sonnenwirkung, vom Einfallswinkel der Sonnenstrahlen und von der Intensität derselben.

Der größte Theil der Sonnenwärme wird erst da entbunden und wirksam, wo der Sonnenstrahl den Erdkörper trifft. Ohne Unterbrechung gibt der Erdkörper die empfangene Wärme an die ihn einhüllenden Luftschichten ab. Die Zunahme seiner Erwärmung hängt daher davon ab, daß die Zufuhr an Wärme größer als der Verlust durch Wärmestrahlung [1] und Leitung ist. Von Sonnenuntergang bis Sonnenaufgang fehlt die Zufuhr an Wärme ganz. Bei fortdauerndem Abgang durch Wärmestrahlung ist dieß daher der Zeitraum des Erkaltens, nicht allein des Bodens, sondern auch der Luftschichten, die ihre vom Boden empfangene Wärme sehr rasch an den kalten Himmelsraum abgeben. Die niedrigste Temperatur muß am Ende dieser Periode des Morgens kurz vor und nach Sonnenaufgang stattfinden. Je höher die Sonne gestiegen ist, um so mehr erwärmt sie den erleuchteten Körper. Dieß hat einen doppelten Grund. Zuerst ist es der mehr und mehr dem Rechtwinklichen sich nähernde Einfallswinkel der Sonnenstrahlen, mit dem eine größere Summe von Wärmestrahlen den beleuchteten Körper trifft, die ihr Maximum beim höchsten Sonnenstande erlangt. Sodann gibt aber auch der Sonnenstrahl, ehe er den Erdkörper trifft, zwischen $\frac{1}{3}$ und $\frac{1}{2}$ seiner Wärme an die Dünste der Luftschichten ab, die er durchdringen muß, ehe er zu den festen Körpern der Erde gelangt. Je niedriger die Sonne steht, um so länger ist der Weg, den der Sonnenstrahl in der Atmosphäre zu durchwandern hat, um so mehr Wärme gibt er an diese ab, mit um so geringerer Intensität der Wärme trifft er die Körper der Erde.

Hierauf beruht die Wärmevertheilung in den Tageszeiten. Daß das Maximum der Wärme nicht in die Mittagsstunde, sondern etwas über zwei Stunden später eintritt, liegt in dem bis dahin fortdauernden Uebergewicht der Wärmezufuhr über den Verlust durch Wärmestrahlung.

Wie bekannt verfolgt die Sonne in ihrem *scheinbaren* Lauf um die Erde nicht die Richtung des Aequators derselben. Während unseres

[1] Ungleich erwärmte Körper suchen ihre Wärmeverschiedenheit gegenseitig auszugleichen. Undurchsichtige Zwischenkörper leiten hierbei die Wärme durch sich hindurch, indem sie sich selbst dadurch erwärmen (geleitete Wärme). Durchsichtige Zwischenkörper lassen die Wärme durch sich hindurch, ohne sich selbst zu erwärmen. Während der Schwamm sich entzündet, bleibt das Brennglas und die Luft zwischen diesem und dem Schwamme vergleichsweise kalt (strahlende Wärme). Der Himmelsraum jenseits unserer Atmosphäre ist *mindestens* so kalt, als die größte, in der Atmosphäre beobachtete Kälte (—57°). Der kalte Himmelsraum entzieht daher fortdauernd der Erde die von der Sonne empfangene Wärme. Wie die Luft zwischen Brennglas und Schwamm, so werden die Luftschichten der Atmosphäre, als durchsichtige Zwischenkörper, hierbei in dem Maaße weniger erwärmt, als sie reiner von Dünsten, klarer und durchsichtiger sind. Die Wasser- oder Ruß-Theile getrübter Luft, die Zweige und Blätter des Besamungsschlages verhindern nicht unmittelbar die Wärmestrahlung, aber sie nehmen die strahlende Wärme des Bodens in sich auf, erwärmen von sich aus die sie umgebende Luft und verringern dadurch die Temperaturdifferenz zwischen Boden und Luft und dadurch die Wärmestrahlung des Ersteren.

Winters ist sie mehr der südlichen Erdhälfte, während unseres Sommers ist sie mehr der nördlichen Erdhälfte zugewendet. In Folge dessen scheint uns die Sonne im Sommer höher am Himmelsgewölbe hinauf zu steigen als im Winter; ihre Strahlen treffen uns im Sommer senkrechter als im Winter und geben auf dem kürzeren Weg durch die Atmosphäre weniger Wärme an letztere ab. Die ungleiche Vertheilung der Sonnenwärme in die Jahreszeiten hat daher dieselben Ursachen wie die Wärmeunterschiede zwischen Sonnenaufgang und Untergang eines Tages. Es tritt hierzu aber noch die längere Dauer der Sonnenwirkung in den kurznächtigen Sommertagen, die der Wärmezufuhr ein bedeutendes Uebergewicht über die Wärmestrahlung gibt. Das Uebergewicht der Sommertage über die Sommernächte steigert sich mit größerer Entfernung vom Aequator und diesem Umstande ist es zuzuschreiben, wenn selbst im hohen Norden der Sommer sehr heiß seyn kann.

Dieselben Ursachen liegen auch der Wärmeabnahme zum Grunde, welche in der Richtung vom Aequator nach beiden Polen hin stattfindet. Je weiter ein Ort vom Aequator entfernt liegt, um so schräger treffen ihn die Sonnenstrahlen, um so größer ist die Luftschicht, die diese zu durchlaufen haben, ehe sie den Erdkörper treffen. Ohne störende Einflüsse würde sich für Deutschland hieraus ein Wärmeunterschied von 1° R. für je 30 Meilen meridianer Richtung ergeben.

Bis daher lassen sich die einem Orte eigenthümlichen Temperaturverhältnisse und die durch diese bedingten atmosphärischen Zustände aus seiner geographischen Lage, aus seiner Stellung zur Sonne herleiten. Die atmosphärischen Zustände, wie sie hiernach einem Orte eigen seyn müßten, wenn sie nicht von anderen, die Sonnenwirkung modificirenden Verhältnissen abgeändert wären, bezeichnet man als dessen *geographisches* oder *solares Klima*. Solcher, die Sonnenwirkung abändernden Verhältnisse gibt es aber so viele und so einflußreiche, daß vielleicht nirgends das solare Klima in der Wirklichkeit besteht. Dahin gehören

a) die verschiedene Erhebung der Orte über die Meeresfläche.

Da der größere Theil der Wärme des Sonnenstrahls erst auf der Erde entbunden wird, erleiden auch die, dieser zunächst liegenden Luftschichten die größte Erwärmung; sie dehnen sich in Folge dessen aus, werden leichter und müssen durch die überliegenden kälteren Luftschichten in die Höhe steigen. Dadurch vermindert sich aber der auf ihnen lastende Druck, sie dehnen sich in Folge dessen noch weiter aus und diese Ausdehnung bindet auch hier wieder einen Theil ihrer freien Wärme, sie erkalten. Die Wärmeabnahme um 1° R. schwankt in den verschiedenen Jahreszeiten zwischen 220 und 310 Meter größerer Höhe. Hochebenen von größerer Ausdehnung haben jedoch ein milderes Klima, als sich hiernach ergeben würde, da die Sonnenstrahlen nach einem kürzeren Wege durch die Luftschichten ihren Boden treffen; isolirte Berggipfel haben ein rauheres Klima, da sie die empfangene Wärme rasch an die sie umgebenden Luftschichten absetzen. Das Klima einer Gebirgsgegend ist rauher in dem Verhältniß als die Außenfläche derselben größer ist als deren Grundfläche.

b) Die Lage und Entfernung größerer Wassermassen.

Durch die Verdunstung wird Wärme gebunden und den die Wasser-

fläche überlagernden Luftschichten entzogen. Ueber dem benachbarten Festlande ist dieß weniger der Fall; während die wärmere Luft über diesem in die Höhe steigt, wird sie durch die dem Festlande zuströmende kühlere Seeluft ersetzt, die Tageswärme der Inseln und Küsten kann daher nicht diejenige Höhe erreichen wie die des Binnenlandes. Dahingegen erkaltet zur Nachtzeit das Wasser weit weniger rasch als das Festland, und die in Folge dessen wärmere Seeluft ersetzt im Kreislaufe die der See zuströmende kältere Landluft, wodurch, wie die größere Erwärmung so auch die größere Erkaltung der Landluft verhindert wird.

Wie die Wärmeunterschiede der Tageszeiten, so müssen durch die Nähe großer, im Winter nicht zufrierender Wassermassen auch die Wärmeunterschiede der Jahreszeiten sich ermäßigen.

c) Das Vorhandenseyn und die Verschiedenheit seines den Boden bedeckenden Pflanzenwuchses.

Unsere Wälder entziehen während der Vegetationszeit durch ihre tiefgreifende Bewurzelung dem Boden große Wassermengen und geben sie durch die Blätter der Atmosphäre in Dunstform zurück. Nach Untersuchungen, die ich in verwichenem Sommer ausgeführt habe, verdunstet ein 20jähriger, aus 9 verschiedenen Laub- und Nadelholzarten zusammengesetzter, $^1/_4$ Hektar großer, 1000stämmiger Bestand täglich mindestens 3000 Pfunde Wasser = 1,5 Cubikmeter. Es ergibt dieß für die Fläche eines $^1/_4$ Hektar täglich eine Wasserschicht von 0,5 Millimeter Höhe = 0,09 Meter Höhe während 180 Vegetationstagen zwischen Ausschlag und Abfall des Laubes. Für die Laubhölzer allein berechnete sich obige Wassermasse um $^1/_3$ höher; für die Nadelhölzer (Fichte, Kiefer, Lerche) allein um $^1/_2$ niedriger. Die tägliche Verdunstung von Wasserflächen während der Vegetationsmonate beträgt nach Schübler nahe 12 Cubikzoll per Quadratfuß, daher 2,2 Millimeter Schichthöhe, mithin das Vierfache der Verdunstung durch den Waldbestand und selbst die Verdunstung des Bodens in derselben Zeit = 7 Cubikzoll täglich vom Quadratfuß = 1,1 Millimeter Schichthöhe[1] übersteigt die Verdunstung des Waldbestandes um mehr als das Doppelte. Nach den Versuchen Schüblers ist die Verdunstung einer Rasenfläche um das 2—3fache größer als die einer gleich großen Wasserfläche, sie ist mithin um das 8—12fache größer als die einer gleich großen Bestandsfläche.

Die am angeführten Orte gegebenen Verhältnißzahlen zwischen Laubgewicht und Gewicht der verdunsteten Wassermassen stimmen mit den Resultaten meiner Untersuchungen nicht überein. Während Schübler die tägliche Verdunstung der Buche = 46 % des Blattgewichts, Klauprecht dieselbe = 36 % angibt, erhielt ich in der Mehrzahl der Fälle ein dem Blattgewicht gleiches Verdunstungsgewicht, das bei der Hainbuche das Doppelte, bei der Eller sogar das Fünffache des Laubgewichts erreichte. Es liegt dieser Unterschied wohl darin, daß die Verdunstung überhaupt nicht in constantem Verhältniß zur Laubmenge steht, daß eine, unter dem Bedarf belaubte Pflanze den Laubmangel durch reichlichere Verdunstung aus den vorhandenen Blättern ersetzt, eine über den Bedarf belaubte Pflanze

[1] Ich selbst erhielt bei 7° R. in ruhiger Zimmerluft nur 0,8 Millimeter Schichthöhe des aus nassem Boden täglich verdunstenden Wassers.

hingegen durch jedes Blatt weniger verdunstet. Es steht dieß in gutem Einklange mit der von mir nachgewiesenen Thatsache: daß eine, über einen gewissen Bedarf gesteigerte Belaubung keineswegs von einer dem entsprechenden Zuwachserhöhung begleitet ist.

Auf Grundlage der Resultate meiner Untersuchungen würde den bewaldeten Flächen eine geringere Verdunstung als den Wasserflächen und Freilagen eigen seyn, da auch der vom Laubschirme und von dem abgefallenen Laube vor raschem Luftwechsel geschützte Boden ohne Zweifel weniger verdunstet. Daß die Waldluft feuchter ist, erklärt sich einfach aus deren größerer Ruhe, in der sie, durch die vom Boden aufsteigenden Dünste, mehr oder weniger mit Feuchtigkeit gesättigt ist, wodurch ebenfalls die Verdunstung des Bodens gemäßigt wird. Die Ruhe der Waldluft unter geschlossenem Laubschirme erklärt sich aber aus dem Umstande, daß hier die Sonnenwärme nicht auf dem Boden, sondern über diesem, im Laubschirme entbunden wird, die kältere und daher schwerere Luft zwischen Laubschirm und Boden, wenigstens im Innern geschlossener Bestände dadurch nur wenig beunruhigt wird. Daher das Rauschen und Flüstern in den Wipfeln der Bäume auch bei ruhiger Luft im Freien und unter dem Laubschirme.

Ist aber die Verdunstung dicht bewaldeter Fläche eine vergleichsweise geringe, so wird hier auch weniger Wärme gebunden, die Bewaldung muß die Temperatur der Umgebung erhöhen, während die Waldluft selbst, die Luft unter dem Laubschirme, bei Tage weniger erwärmt, zur Nachtzeit aber auch weniger abgekühlt wird, in Folge der durch den Laubschirm geminderten Wärmestrahlung. Darauf beruht der Schutz, den der Mutterbaum des Besamungsschlages dem Wiederwuchse gewährt.

Der hervorstechende Einfluß der Bewaldung auf den Quellenreichthum der Länder erklärt sich aus Vorstehendem sehr einfach. Der geringe Wasserbedarf der Waldbäume hat zur Folge: daß die ganze, den Boden erreichende Menge der atmosphärischen Niederschläge, nach Abzug jenes Bedarfs in die Bodentiefe hinabsinkt, da die feuchte ruhige Waldluft ihr Verdunsten in höhere Grade ermäßigt.[1]

Wenn die sommergrünen Laubholzwälder in sofern günstiger in dieser Richtung wirken, als eine größere Menge atmosphärischer Niederschläge während des laublosen Zustandes den Boden zu erreichen vermag, gleicht sich dieß zu Gunsten der Nadelhölzer wieder aus durch die Ruhe der Waldluft auch im Winter, sowie durch deren geringeren Wasserbedarf, der bei der Fichte = $1/_2$, bei der Lärche = $1/_4$, bei der Kiefer = $1/_7$ des

[1] Nicht verwechseln darf man aber hiermit den Einfluß der Bewaldung oder vielmehr der Entwaldung auf plötzlich sich steigernde und rasch vorübergehende, gefährliche Ueberschwemmungen veranlassende Wassermassen der Flüsse und Ströme, die man in Beziehung gebracht hat zu der, durch die Entwaldung der Gebirgshänge verminderten Verdunstung. Die Ursachen dieser Calamität, die besonders in Frankreich gegenwärtig sich sehr fühlbar macht, liegt viel näher. Im bewaldeten Gebirge vertheilt sich das Schmelzen des Schnees auf einen viel längeren Zeitraum durch den Schutz, den ihm der Laubschirm gegen die Sonnenwirkung gewährt. Das schmelzende Schneewasser fließt daher langsam ab und wird großentheils vom Boden aufgenommen, während im unbewaldeten Gebirge große Schneemassen plötzlich schmelzen und rasch zum Abflusse gelangen.

Wasserbedarfs der Hainbuche und Eller ist, die unter den Laubhölzern die größte Wassermenge verdunsten. Der Wasserbedarf der Pappel und Birke ergab sich = $\frac{2}{3}$, der der Rothbuche = $\frac{1}{2}$, der der Eiche = $\frac{1}{3}$ jenes Maximalbedarfs der Eller und Hainbuche, daher dann die Fichte mit der Rothbuche, die Lärche mit der Eiche in Bezug auf Wasserbedarf nahe zusammenfallen.

Die Thatsache, daß Entwaldung in gewissen Fällen Versumpfung erzeugt, erklärt sich einfach aus dem Umstande, daß die betreffenden Flächen Sumpf seyn würden, auch wenn sie nie bewaldet gewesen wären, daß die bisherige Bewaldung durch tausende lebendiger Pumpwerkzeuge die überschüssige Feuchtigkeit des Bodens hinwegnahm, daß mit der Entwaldung jener Ueberschuß an Feuchtigkeit dem Boden verbleibt und die Versumpfung zur Folge haben muß, so lange, bis andere Abzugsgänge entstanden sind, die sich nicht selten nach mehreren Jahren von selbst bilden, wahrscheinlich in ähnlicher Weise, wie natürliche Abzugskanäle in dem von Drainröhren durchzogenen Erdreich entstehen.

Steigert der Quellenreichthum eines Bodens den Handel und Gewerbfleiß seiner Bewohner, erhöht er selbst nicht unwesentlich die landwirthschaftliche Produktion durch Steigerung des Futtergewinns von Wiesen, ohne Düngeraufwand und mit verhältnißmäßig geringen Arbeitskosten; entspringt einerseits der Quellenreichthum, andererseits der Schutz gegen Ueberschwemmungen und Versandungen der Flüsse und Ströme wesentlich der Bewaldung des Landes und zwar eines solchen, deren Kronenschluß eine ruhige, mit Feuchtigkeit gesättigte, dadurch die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit mindernde Waldluft erzeugt, so spricht auch dieß eindringlich zu Gunsten conservativer Forstwirthschaft — zu Gunsten des Hochwaldes, der Herstellung und Erhaltung vollen Kronenschlusses in einem Umtriebe, bis zu dessen Ablauf der volle Kronenschluß sich zu erhalten vermag.

d) Die exponirte oder geschützte Lage.

Die Unebenheiten der Erdoberfläche, deren Gestaltung und die Lage eines Ortes an ihnen, muß von wesentlichem Einfluß auf die Wärme der Luft seyn, weil von letzterer der Einfallswinkel der Sonnenstrahlen abhängig ist, ferner weil die gebirgige Erdoberfläche nicht mehr Wärme empfängt, als deren Grundfläche empfangen würde, daher erstere die ihr zuständige Wärmezufuhr in sehr ungleicher Vertheilung empfängt, woraus nothwendig eine eben so ungleiche Erwärmung der benachbarten Luftschichten hervorgehen muß; endlich durch den Schutz, den die Erhebung selbst den verschiedenen Punkten ihrer eigenen Oberfläche wie ihrer Umgebungen gegen herrschende Luftströmungen und deren eigenthümlicher Wärme oder Kälte, Feuchtigkeit oder Trockenheit gewährt.

Die ungleiche Erwärmung unebener Erdoberflächen hat zur Folge, daß an den früher und in höherem Grade erwärmten Orten das Pflanzenleben früher aus seinem Winterschlafe erweckt wird. Zur Nachtzeit müssen diese Wärmeunterschiede nahe liegender Flächen sich ausgleichen, woraus plötzliche und starke Erkaltungen hervorgehen, die dem vorzeitlich erweckten Pflanzenleben oft tödtlich sind.[1] In unebenen Wäldern sind sehr häufig

[1] Am meisten leiden darunter Eschen, Erlen und Rothtannen, nächst diesen die Rothbuche und der Bergahorn.

besondere Frostthäler, Frosthänge, Froststriche Beschädigungen durch Spätfröste fast alljährlich ausgesetzt. Hier ist dem Uebel nur durch Anbau solcher Holzarten abzuhelfen, die erst spät im Frühjahr zu treiben beginnen, vorausgesetzt, daß das Klima überhaupt ihren Anbau gestattet.

Es mag dieß genügen um darzuthun, wie vielfältig und mächtig die Verhältnisse sind, welche den Charakter des geographischen Klima in Bezug auf dessen Temperatur verändern. Die durch das Zusammenwirken aller dieser bedingenden Verhältnisse thatsächliche Eigenthümlichkeit der Atmosphäre eines Ortes heißt dessen physikalisches, besser dessen reales — wirkliches Klima. Zur Erforschung desselben bleibt uns daher kein anderer Weg als der der Erfahrung. Es ist dieß frühzeitig erkannt und schon seit längerer Zeit sind an vielen Punkten der Erdoberfläche zahlreiche Beobachtungen in dieser Hinsicht angestellt und verzeichnet worden. In Bezug auf die Wärme hat man aus dem Minimum und Maximum der Tageswärme die durchschnittlichen Tagestemperaturen, aus diesen die monatlichen und die durchschnittlich jährlichen Temperaturen gefunden. Verbindet man auf einer Karte diejenigen Orte durch eine fortlaufende Linie, deren durchschnittlich jährliche Wärmemenge dieselbe ist, so nennt man diese Linien Isothermen. Construirt man solche Linien nach den Beobachtungen der durchschnittlichen Temperatur des Winters oder des Sommers, so heißen diese Linien Isochimenen und Isotheren.

Die mittlere Jahrestemperatur kann für das südliche Deutschland = 10,5^0, für das nördliche Deutschland = 8,5^0 R. angesetzt werden (Königsberg = 6,5^0).

Die Beobachtungen über Wintertemperatur ergeben für Wien 73 Kältetage[1] mit durchschnittlich — 2,1^0 Kälte, 112 Wärmetage mit durchschnittlich + 3,6^0 Wärme. Höchste Kälte — 22^0.

Für Karlsruhe	22 Kältetage durchschnittlich	— 0,7^0.
	128 Wärmetage "	+ 2,7^0.
	Höchste Kälte	— 27^0.
Für Braunschweig	20 Kältetage "	— 1,8^0.
	160 Wärmetage "	+ 3,7^0.
	Höchste Kälte	— 27^0.
Für Berlin	92 Kältetage "	— 1,5^0.
	85 Wärmetage "	+ 3,5^0.
	Höchste Kälte	— 30^0.
Für Königsberg	108 Kältetage "	— 2,8^0.
	89 Wärmetage "	+ 3,8^0.
	Höchste Kälte	— 34^0.

Die Kältetage fallen nicht zusammen, sondern sie vertheilen sich in eine Mehrzahl von Frostperioden, die in unserer Gegend (Braunschweig) durchschnittlich folgendermaßen liegen.

Etwas nach der Mitte des September tritt nicht selten eine erste Kälte ein, bei der gegen Sonnenaufgang die Temperatur unter — 1^0 sinkt

[1] Darunter sind nur diejenigen Tage verstanden, in welchen die durchschnittliche Tagestemperatur unter 0 ist, nicht auch die sogar größere Zahl derjenigen Tage, an denen die Kälte der Nacht hinter der Wärme des Tages zurücksteht.

(Reif), während die Mittagswärme noch 13—15° beträgt. Seltner gegen Ende Oktober tritt ein zweiter Reiffrost ein, die erste Hälfte des November bringt den ersten Schnee, selten hohe Kältegrade (1812—15°) die Tageswärme pflegt 5° selten zu übersteigen. Der December ist vergleichsweise milde und erst gegen Ende des Monats bleibt das Thermometer auch am Tage unter 0. Bis daher kann man die in Absätzen eintretenden Fröste als Frühfröste bezeichnen.

Anfang Januar tritt die erste Winterkälte mit — 10 bis — 15° ein, ermäßigt sich gegen die Mitte des Monats und steigt die Wärme in der letzten Hälfte desselben nicht selten über + 5°. Die zweite Winterkälte, selten über — 4° steigend, tritt Anfang Februar ein, die dritte: Mitte Februar mit — 4 bis — 7°, nach einer kurzen Wärmeperiode. Gegen das Ende des Februar steigt die Wärme nicht selten auf + 10 bis + 15°. Ihr folgt Anfangs März eine vierte, Ende März eine fünfte Winterkälte, erstere zwischen — 1 und — 9° schwankend, letztere selten unter — 3° sinkend. Diesen Winterfrösten folgen die Spätfröste Ende April und Anfang Mai, deren letzte sehr regelmäßig in der Mitte Mai auftreten (gestrenge Herren). Nur sehr ausnahmsweise tritt ein letzter Reiffrost nach Anfang Juni ein, der mir aber doch einigemale nicht unerheblichen Schaden gebracht hat.

Besonders der letzte Winterfrost Ende März, bei dem die durchschnittliche Tageswärme häufig 8—10° erreicht und das Pflanzenleben erweckt hat, so wie die Spätfröste werden dem Pflanzenbau schädlich.

Im Gebirge sind Spätfröste seltner als in der Ebene und in Niederungen, da dort die Vegetation später und erst dann erweckt wird, wenn im Flachlande die Periode der Spätfröste bereits vorüber ist, von wo ab die Wärme der Luft des benachbarten Flachlandes eine bedeutende Temperaturerniedrigung der Gebirgsluft verhindert.

Nach den Wärmeeffecten unterscheiden wir innerhalb der Grenzen Deutschlands

	Mittlere Jahrestemperatur.	Bodenbearbeitungszeit.	Vegetationszeit.
Weinklima	8—12° R.	9 Monate	7 Monate.
Hopfen- und Maisklima	7— 8° „	8 „	6 „
Wintergetreideklima	6— 7° „	7 „	5 „
Sommergetreideklima	5— 6° „	6 „	4 „
Grenze der Ackerkultur	4— 5° „	unter 6 „	unter 4 „
Grenze des Waldbaus	3— 4° „		
Schneegrenze	2,7° „		

Es ist eine Folge geringerer Wärme höherer Luftschichten, wenn, im Gebirge aufsteigend, der Region vorherrschenden Ackerbaues die Region vorherrschenden Waldbaues, dieser die Region der Matten und Weiden, dieser die Region des ewigen Schnees und Eises folgt; wenn innerhalb des Waldgürtels den Eichen-, Erlen- und Kiefernwäldern die Buchen- und Bergahorne, diesen die Fichten und Tannen, diesen die Zwerg- und Zirbelkiefern, mit der Alpeneller und den Alpenweiden, diesen das Pygmäengeschlecht der Gletscherweiden folgt.

Es ist ebenso eine Folge geringerer Wärme, wenn Lappland nur 500, Dänemark 1034, Deutschland 2000, Frankreich 3500, Europa überhaupt 7000 verschiedene Arten Blüthepflanzen trägt, eine Mannigfaltigkeit des Pflanzenwuchses die in der heißen Zone sich noch bedeutend steigert.

Die größere Mannigfaltigkeit im Pflanzenwuchse südlicher Klimate hat dann auch das Aufhören des Vorkommens einzelner Geschlechter in weit verbreiteten Complexen zur Folge. Die reinen Holzbestände der Fichte, Kiefer, Buche kommen südlich dem 48sten Breitegrade nur noch in Gebirgen vor, wenn sie nicht künstlich in der Ebene angebaut wurden.

Aber nicht allein die Summe der Wärme, sondern auch deren Vertheilung in die Jahreszeiten hat einen wesentlichen Einfluß auf den Pflanzenwuchs. Unter dem Aequator haben alle Jahreszeiten fast gleiche Temperatur, die Vegetation kann daher das ganze Jahr ungestört vor sich gehen, und muß sich dem zu Folge reicher und üppiger gestalten als in unserem Klima, wo der Herbst und Winter die Vegetation unterbricht. Je höher im Norden, um so mehr verkürzt sich die Zeit des Pflanzenwuchses, um so geringer würde das Resultat derselben sein, wenn nicht die kohlenstoffspeichernde Kraft unserer geschlossenen Hochwälder ein Gegengewicht darböte.

Ueber die geographische Verbreitung unserer forstlichen Kulturpflanzen am Schluß dieses Abschnittes.

2. Das Licht,

ein treuer Begleiter der Wärme und aus derselben Quelle fließend, ist ebenso wie letztere eine wesentliche Bedingung des Lebens und Gedeihens der Pflanzen durch den Einfluß, den es auf die Umwandlung der rohen Nährstoffe in Bildungssäfte ausübt. Ohne Zweifel gehört ein großer Theil des Einflusses, den man der Wärme zuzuschreiben sich gewöhnt hat, der gleichzeitigen Lichtwirkung an.

Nur wenig Pflanzen der niedrigsten Bildungsstufe bedürfen des Lichtes zu ihrer vollen Ausbildung nicht. Die Trüffeln, die Grubenpilze, die Nachtfasern unserer Baumhölzer gehören dahin. Es sind das sämmtlich Pflanzen, die von organischem Stoffe sich ernähren, einer Zerlegung unorganischer Kohlensäure daher nicht bedürfen. Dasselbe ist der Fall bei allen höher entwickelten Pflanzen in den frühesten Stadien ihres Lebens. Der Keim entwickelt sich im Samenkorne aus organischem Stoffe, den ihm die Mutterpflanze in den Samenlappen oder im Samenweiß mitgegeben hat. Im Keimungsprocesse bedarf daher die Pflanze der Lichtwirkung nicht. Das Lichtbedürfniß tritt erst ein, wenn der organische Bildungsstoff der Samenlappen verbraucht ist und neue Bildungssäfte aus der Zerlegung von außen aufgenommener Kohlensäure, aufgenommenen Wassers bereitet werden müssen. Da die Zerlegung der Kohlensäure Sauerstoffabscheidung zur Folge hat, so fällt der Zeitpunkt eintretenden Lichtbedürfnisses mit dem Beginn der Sauerstoffabscheidung zusammen. [1]

[1] Daß das Licht nicht allein die Zerlegung der Kohlensäure, sondern auch die normale Verdunstung vermittle, habe ich durch das nachfolgende Experiment erwiesen. Junge Pflanzen vom Löwenzahn, in einem Blumentopfe unter Glasglocke wachsend, schieden

Wie wir im physiologischen Theile sehen werden, wiederholt sich in jeder unserer Holzpflanzen der Keimungsproceß alljährlich bis zum höchsten Alter in den Frühperioden der Vegetation. Das Lichtbedürfniß wird daher in diesen ein geringeres sein als späterhin, wenn die erneuete Belaubung neue Bildungssäfte aus Rohstoffen für das nachfolgende Jahr bereiten muß. Ob eine, über eine uns unbekannte Größe des Lichtbedarfs gesteigerte Lichtwirkung dem Pflanzenwuchs förderlich sei, wissen wir nicht. Ueberhaupt treten hier der Beobachtung außergewöhnliche Hindernisse entgegen, da, bei der vereinten Wirkung von Wärme und Licht, in den meisten Fällen es unmöglich ist, denjenigen Antheil am Erfolge, welcher der Lichtwirkung zugeschrieben werden muß, von demjenigen zu trennen, welcher der Wärmewirkung und den dieser zuständigen Feuchtigkeitsmenge und Luftwirkung angehört. So sehen wir ziemlich allgemein unsere Holzpflanzen an den Nordwest- und Nordrändern höherer Bestände im Seitenschatten derselben rascher und üppiger wachsen, als unter voller Lichtwirkung am Süd- und Südwestrande; ob dieß aber eine Folge der geringeren Lichtwirkung, ob es Folge einer oder der anderen der sie begleitenden atmosphärischen oder Bodenverhältnisse ist, läßt sich zur Zeit noch nicht bestimmen.

Ebenso verhält es sich auch mit dem begünstigenden Einflusse, den ein rascher Wechsel von Licht und Schatten auf das Gedeihen unserer Besamungsschläge zeigt. Bei einem gewissen Schutzbedürfniß ist es viel weniger der Beschattungsgrad als die Beschattungsdauer derselben Fläche, auf welcher die Wirkung des Mutterbaums beruht. Hier steht gründlicher Erforschung noch ein weites Feld offen. Es leuchtet aber ein, daß bei der zur Zeit noch bestehenden Unsicherheit in Erkenntniß der Wirkungen, auch das Ursächliche nur entfernt uns berührt.

Wenn die Blätter zur Nachtzeit und im Schatten wirklich Sauerstoffgas

allnächtlich aus den Spitzen ihrer Blattzähne reichlich große Tropfen einer wasserklaren Flüssigkeit aus. Die Ausscheidung begann Nachmittags um 4 Uhr bei bedecktem, um 6 Uhr bei heiterem Himmel, nie früher und ohne Unterschied der Temperatur und des Temperaturwechsels. Dahingegen ließ sich zu jeder Tageszeit sofort und ohne Wärmeveränderung die Ausscheidung durch völligen Lichtabschluß hervorrufen. Die abgeschiedene Flüssigkeit enthielt geringe Mengen einer zuckerartigen, krystallisirenden Substanz und einen klebrigen, nicht krystallisirenden Rückstand, war daher nicht dunstförmig, sondern liquid ausgeschieden. Der Lichtabschluß hatte den Assimilationsprozeß unterdrückt und, wie in Folge dessen die Pflanze unzerlegte Kohlensäure abscheidet, so hatte sie auch das Wasser nicht in Gasform, sondern in seinem ursprünglichen Aggregatzustande ausgeschieden (Bot. Zeit. 1855, S. 911). Meine neuesten photometrischen Arbeiten haben ergeben, daß die höchste Lichtwirkung mit der höchsten Wärmewirkung der Sonne nicht zusammenfällt, sondern schon in den letzten Vormittagsstunden eintritt. Es ist das sowohl bei heiterem als bei bedecktem Himmel, im direkten wie im reflektirten Sonnenlichte und in jeder Exposition der Fall. Dem entsprechend fällt auch das Maximum der Verdunstung lebender Pflanzen in die späten Vormittagstunden und war, unter übrigens gleichen Einflüssen, nicht größer in einem auf + 4° und in einem auf + 20° erwärmten Zimmer. Für die Theorie der Verjüngung im Besamungsschlage, für den Mittelwaldbetrieb, für den Durchforstungsbetrieb wäre der Besitz eines zuverlässigen Helligkeitsmessers daher von der größten Wichtigkeit. Meine Bemühungen, ein solches Instrument von praktischer Brauchbarkeit für unsere Zwecke zu ersinnen, sind bisher an dem Mangel einer Maßeinheit gescheitert, wie sie der Siedepunkt des Wassers für die Wärme darbietet. Ueber einen Photometer, der wenigstens den meisten der in der forstlichen Praxis vorkommenden Fragen entsprechen dürfte. S. Forst- und Jagdzeitung Jahrg. 1876.

aus der Atmosphäre absorbiren, so müssen wir uns auch hier gestehen, daß der Zweck dieser Aufnahme uns gänzlich unbekannt ist.

3. Die Feuchtigkeit.

Das rasche Erstarken durch Bodendürre welk gewordener Pflanzen nach Anfeuchtung ihrer Blätter und Triebe führte zu der Ansicht: daß die Pflanze Feuchtigkeit auch durch die Blätter aufnehme. Ungers direkte Versuche haben dieß mindestens sehr zweifelhaft gemacht. Obgleich manche Thatsachen dagegen zu sprechen scheinen (s. im physiol. Theile: Aufsteigen des Safts in den Holzpflanzen), steht dem Resultate der Unger'schen Versuche doch zur Seite, daß die Blätter, Organe, die wesentlich der Funktion des Verdunstens dienstbar sind, gleichzeitig nicht wohl auch der Feuchtigkeitsaufnahme dienen können.

Nehmen wir an, daß die Pflanze durch ihre überirdischen Theile Feuchtigkeit aus der Atmosphäre nicht beziehe, so hat die atmosphärische Feuchtigkeit nur in so fern einen direkten Einfluß auf die Pflanze, als sie den Grad der Verdunstung bestimmt. Meine neueren Versuche ergaben, daß die Verdunstung der Bäume durch die Belaubung, bei Regenwetter auf ein Minimum sich ermäßigt, daß schon eine mit Feuchtigkeit sehr geschwängerte Luft dieselbe in hohem Grade ermäßigt. Eine mit der Schnittfläche des Wurzelstocks in Wasser stehende Hainbuche verlor während der ersten beiden Regentage kaum merklich an Gewicht, während am dritten Tage, nachdem die Luft klar und rein geworden war, die tägliche Verdunstung über 5 Pfunde betrug. Daß eine häufiger eintretende Schmälerung der Verdunstung günstig auf den Zuwachs wirke, ist kaum anzunehmen, da die stärkere Verdunstung eine nothwendige Folge lebhafterer Zufuhr von Rohstoffen der Ernährung aus den Wurzeln zu den Blättern und eine Bedingung der Assimilation derselben ist, da man daher wohl annehmen darf, daß der verringerten Verdunstung auch eine verringerte Assimilation zur Seite stehe. Dem Einwande, daß die nassen Jahre den Holzzuwachs begünstigen, läßt sich entgegenstellen, daß bei unseren Holzpflanzen die alljährlich bereitete Menge von Bildungsstoffen erst im nächstfolgenden Jahre auf den Holzzuwachs verwendet werde (s. im physiol. Theile: Reservestoffe).

Dahingegen hat die atmosphärische Feuchtigkeit indirekt einen mächtigen Einfluß auf das Leben und Gedeihen der Pflanzen dadurch, daß sie den Boden speist, aus dem die Pflanzen jedenfalls den bei weitem größten Theil ihres Wasserbedarfs durch die Wurzeln beziehen. Dieser Einfluß muß ein um so größerer sein, je abhängiger die Bodenfeuchtigkeit von Menge und Häufigkeit der Niederschläge ist. Ein Boden in der Nähe größerer Wasserbecken wird von diesen aus getränkt, ein quelliger Boden erhält seine Wasserzufuhr aus der Tiefe; dasselbe ist der Fall bei den sogenannt „schwitzenden" Bodenarten; der Sumpf- und Wiesenboden bewahrt dem Pflanzenwuchse die in Zeiten reichlichen Regens überschüssig empfangene Feuchtigkeit. Die tiefgründigen Sandlager des Meeresbodens hingegen, der geneigte Boden der Vorberge und Gebirgshänge, der flachgründige Boden über undurchlassendem Untergrunde oder über einer Unterlage, welche die

Feuchtigkeit leicht aufnimmt und ableitet, sind weit abhängiger von der klimatischen Beschaffenheit der Atmosphäre in Bezug auf Feuchtigkeit.

Der Boden empfängt seine Feuchtigkeit aus der Atmosphäre auf zweifach verschiedene Weise, theils in Niederschlägen als Regen, Schnee, Hagel, Thau, theils entzieht er sie der Luft durch seine hygroscopische Eigenschaft; letzteres um so energischer, je reicher er an mildem Humus ist. In beiden Fällen ist es aber die Atmosphäre, aus welcher er seine Feuchtigkeit schöpft, die nicht allein durch ihren Reichthum daran, sondern auch durch die Art und Weise, wie sie diesen dem Boden abtritt, bedeutungsvoll für das Gedeihen der Pflanzen wird.

Aus einer Reihe eigener Versuche über die hygroscopische Wasseraufnahme des Waldbodens ergab sich als ein Durchschnittsresultat für die leichten, mäßig humushaltigen Bodenarten eine tägliche Wasseraufnahme völlig getrockneten Bodens aus mit Feuchtigkeit gesättigter Luft = 58 Gramm pro Quadratmeter. Allerdings sehr willkürlich auf $^1/_4$ dieses Betrages ermäßigt, mit Berücksichtigung des Umstandes, daß wir im Freien es nie mit wirklich trocknem Boden zu thun haben, die Absorption des feuchten Bodens eine viel geringere ist, verbleiben 14 Gramm, die weiter um $^1/_4$ auf 10 Gramm ermäßigt werden müßte, mi Berücksichtigung der Feuchtigkeitsmenge, um welche die freie Waldluft durchschnittlich hinter der mit Wasserdunst völlig gesättigten Luft zurückbleibt. Von dieser Basis aus würde der Boden binnen 180 Vegetationstagen 1800 Gramm hygroscopisches Wasser absorbiren, entsprechend einer Wasserschicht von 1,8 Millimeter Höhe, die, nach Seite 27, den Wasserbedarf von 9 Centimeter Schichthöhe nur mit 2 Proc. decken würde.

Die Angaben über die Menge der jährlichen Thau-, Nebel-, Reifniederschläge sind sehr schwankend und liegen zwischen 2—3 und 15 $^0/_0$ des jährlichen Regen-, Schnee- und Hagelniederschlages, den letzteren für Deutschland durchschnittlich auf 62 Centimeter Schichthöhe berechnet. Nimmt man im Mittel die Summe allen Zuganges = 68 Centimeter Schichthöhe an, so werden unsere Wälder nur $^1/_7$ dieser Wassermenge für sich in Anspruch nehmen.[1] Es verbleiben daher $^6/_7$ des jährlichen Feuchtigkeitszuganges dem Waldboden und der Quellenbildung, nach Abzug des von den Blättern aus verdunstenden Regenwassers.

Die Feuchtigkeit des Klima ist abhängig von der Menge, von der Beschaffenheit, von der Vertheilung und Lage der Feuchtigkeitsquellen. Für jede Oertlichkeit von größerer Ausdehnung unterscheiden wir äußere und innere Feuchtigkeitsquellen. Zu Ersteren gehören hauptsächlich die Meere, da deren Verdunstung den größten Theil der Luftfeuchtigkeit liefert. Es gehört dahin aber auch der von Süden uns zufließende Luftstrom, dessen Feuchtigkeit, in Folge fortschreitender Abkühlung, in unseren Breiten zum größten Theile zurückbleibt. Aeußere Feuchtigkeitsquellen machen die Fruchtbarkeit der Atmosphäre eines Ortes in Bezug auf Wassergehalt von innerem

[1] Wenn ich den, Seite 27, für 20jährige Bäume und Bestände berechneten Wasserbedarf von 9 Centimeter Schichthöhe als den Bedarf geschlossener Waldbestände überhaupt annehme, so ruht dieß auf der sehr wahrscheinlich richtigen Voraussetzung, daß der Wasserbedarf nicht von Alter und Größe, sondern vom Zuwachse der Waldbäume abhängig sei, sowie darauf: daß, vom 20jährigen Alter aufwärts, der jährliche Zuwachs geschlossener Waldbestände keiner bedeutenden Steigerung unterworfen ist.

Quellenreichthum unabhängiger, wenn die Lage desselben zu ersteren eine günstige ist. Nicht allein die größere Nähe, sondern auch die Freilage und die herrschende Windrichtung treten in dieser Hinsicht bestimmend auf. Für Deutschland ist es besonders die Nähe des atlantischen Ocean, verbunden mit der vorherrschend südwestlichen und westlichen Luftströmung, aus der ihm, im Vergleich mit den westlicher gelegenen Ländern, ein feuchtes Klima erwächst. Selbst innerhalb der Grenzen Deutschlands treten hier noch wesentliche Unterschiede hervor. Die Ebenen des nördlichen Theiles empfangen die feuchte Seeluft mit ihrem ganzen Wassergehalte, der in den, südlich der großen Gebirgsdiagonale liegenden Ländern ein geringerer sein muß, da die am Nordwestrande jener Gebirgserhebungen sich anstauenden Luftmassen, in höhere, kältere Luftschichten emporgedrängt, einen beträchtlichen Theil ihrer Feuchtigkeit im Gebirge zurücklassen müssen. Hierin und nicht, oder doch bei weitem weniger in der Bewaldung der Gebirge ist es begründet, daß die Zahl und Menge der Regenniederschläge bei uns am Nordwest- bis Südwestrande der Gebirge eine größere ist als in der Ebene. So hat Braunschweig eine jährliche Regenmenge von 70, die Brockenkuppe 111, Hohegeis 86, Erfurt hingegen nur 33 Centimeter.

Aber selbst in der Ebene ist die Abnahme des Regenniederfalles mit größerer Entfernung vom Meere, selbst auf kurze Strecken eine beträchtliche. Die Regenmenge Braunschweigs von 70 sinkt schon bis Berlin auf 51 Centimeter. Das Küstenklima spricht sich bei uns schon viel entschiedener aus, denn während in Berlin fast jährlich trefflicher Wein und Pfirsiche reifen, werden solche bei uns nur in sehr günstigen Jahren schmackhaft.

Wenn auch die Gebirgsluft an sich eine von Wasserdünsten reinere ist, so erfolgen hier dennoch mehr Niederschläge durch die Mengung der kälteren Gebirgsluft mit den andringenden wärmeren Luftschichten. So steigert sich die Regenmenge im südlichen Deutschland, die bei 250 Meter Meereshöhe 68 Centimeter beträgt, bei 340 Meter auf 65 Centimeter, bei 600 Meter auf 94 Centimeter. Die Regenmenge der Brockenkuppe beträgt 111 Centimeter, während sie in Braunschweig nur 70 Centimeter ist.

Was die inneren Feuchtigkeitsquellen betrifft, so liegen diese hauptsächlich in den vorhandenen Gewässern, Sümpfen und Wiesen, so wie im Pflanzenwuchse des Landes, beide, wie wir gesehen haben, sich gegenseitig bedingend und unter sich einen, dem größeren untergeordneten, Kreislauf atmosphärischer und terrestrischer Feuchtigkeit vermittelnd, in welchem die Holzpflanzen eine überwiegende Bedeutung auch dadurch gewinnen, daß sie, unabhängig vom Wassergehalte der obersten Bodenschichten, durch ihre in die Tiefe hinabsteigende Bewurzelung das Wasser fortdauernd aus einer nie austrocknenden Bodentiefe emporheben und der Atmosphäre zurückgeben, für ihre Umgebung daher, mehr als der Ackerboden und das Weideland, zu einer *nachhaltigen* Quelle atmosphärischer Feuchtigkeit auch in Zeiten anhaltender Hitze und Dürre werden.

Wärme, Licht und Feuchtigkeit zusammenwirkend, bestimmen den Beginn und den Verlauf der jährlichen Vegetationserscheinungen.[1] Ein

[1] Jedoch stets beschränkt durch das Naturgesetzliche derselben. Allerdings sind die Fälle nicht selten, in denen ein warmer December neue Triebe, selbst Blüthen hervorlockt; es

sonniger und warmer März erweckt die Pflanzen nicht zu erneuter Thätigkeit, wenn der Wärme nicht Feuchtigkeit gesellt ist; die Knospen regen sich nicht, während nach dem ersten warmen Regen der Wald sich oft in einer Nacht begrünt. Ebenso beibt die Knospe bei anhaltendem Regenwetter geschlossen, wenn es nicht von der entsprechenden Wärme begleitet ist. Diese Abhängigkeit der Vegetationsperioden von combinirter Wirkung klimatischer Zustände macht die Pflanze selbst zum Wegweiser für letztere.

Ueberall, am Meeresstrande und im Hochgebirge, im Norden und im Süden Deutschlands bezeichnet die Blüthezeit der Hasel denjenigen Termin, an welchem das Pflanzenleben erwacht, wenn dieß auch äußerlich nicht erkennbar ist; die Zeit, in welcher, wie wir sagen, „der Saft ins Holz tritt," der Hieb wenigstens des Nutzholzes beendet sein sollte.

Der Beginn des Zuwachses an Holzfasern und Trieben fällt zusammen mit der Blüthezeit des Schlehendorns, der Stachelbeere, der Esche und der Waldanemone.

Das Ende des jährlichen Zuwachses unserer Kulturpflanzen fällt zusammen mit dem Schluß der Weizenernte, mit voller Reife der Pflaumen, der Ebereschen und der Haselnüsse. Es vergeht von da ab jedoch noch ein 14tägiger Zeitraum, ehe die zuletzt gebildeten Holzfasern ihre volle Wandungsstärke und Festigkeit erlangen.

Der Zeitraum des Zuwachses an den überirdischen Baumtheilen ist demnach ein 3—4½monatlicher bei verschiedenen Holzarten, am kürzesten beim Ahorn (3 Monate), am längsten bei der Kiefer (4½ Monate).

Die Neubildung von Reservestoffen beginnt in den unterirdischen Baumtheilen mit der Blüthezeit des Haidekrauts, steigt sehr langsam aufwärts, so daß sie in den äußersten Zweigspitzen erst mit der Blüthezeit der Herbstzeitlose (Colchicum autumnale) zusammenfällt. Sie endet überall erst mit dem Abfalle des Laubes.

S. hierüber meine Mittheilungen in der Forst- und Jagdzeitung 1856 S. 361, 1857 S. 281.

4. Bewegung und Ruhe der Luft.

Die Existenz organischen Lebens auf unserem Erdkörper beruht wesentlich auf einer fortdauernden Bewegung der Luft und Mengung ihrer Bestandtheile. Ohne diese würde sehr bald das wesentlichste Bedürfniß der Pflanze, das Wasser dem Boden entzogen sein, die Pflanze und mit ihr das Thier müßte sich an die niedrigen Ufer der großen Meeresbecken zurückziehen, würde aber in ihrer Fortdauer auch hier sehr bald gefährdet sein

scheint dieß aber eine Folge noch nicht völlig eingetretener Winterruhe zu sein. Im dießjährigen warmen Januar regte sich das Pflanzenleben nicht. Exotische Nadelhölzer machen im Herbste häufig noch einen zweiten Trieb mit Endknospe, der aber sehr kurz und krautig bleibt, dessen Nadeln kaum ¼ der normalen Länge erreichen. Im Kalthause überwintert, verändert die Pflanze sich nicht während des ganzen Winters. Anfang März beginnt das Wachsen der Nadeln, bei einer Temperatur, die im dießjährigen kalten März bedeutend niedriger war, als in den vorhergehenden Monaten. Kieferzapfen, den ganzen Winter in trockner warmer Zimmerluft aufbewahrt, öffnen sich erst im Frühjahre, *wenn ihre Zeit gekommen ist.*

durch Mangel an Ersatz der verbrauchten Kohlensäure, des verbrauchten Sauerstoffs. Alle diese dem Leben nöthigen Stoffe, Feuchtigkeit, Kohlensäure, Stickstoff, Sauerstoff sind bald Bestandtheife der atmospärischen Luft, bald Bestandtheile der organischen Körper, und werden in diesem Kreislaufe nur durch die Bewegung der Luft erhalten.

Die Bewegung der Luft entspringt verschiedenen Ursachen. Die Erde bewegt sich täglich einmal um ihre Achse in der Richtung von West nach Ost, und die Atmosphäre theilt diese Bewegung, die an den Polen = 0 unter dem Aequator am größten ist. Wenn und wo die Atmosphäre gleich rasch mit der Erdoberfläche sich rotirend bewegt, da besteht Windstille, abgesehen von anderen diese störenden Ursachen. In unseren Breiten rotiren aber die sie bedeckenden Theile der Atmosphäre, aus Ursachen, die weiterhin erörtert sind, unter Umständen rascher oder langsamer, als die von ihnen bedeckte Erdoberfläche. Im ersten Falle eilt uns, in unserer nach Osten gerichteten Rotationsbewegung, der Wolkenzug voran (Westwind); im andern Falle übereilen wir den Wolkenzug, er scheint uns entgegenzukommen (Ostwind), da wir selbst unsere rotirende Fortbewegung nicht empfinden. Der Effekt ist natürlich derselbe, ob wir in eine andere Luftschicht uns versetzen, ob eine andere Luftschicht zu uns gelangt, die frühere verdrängend.

Eine zweite Ursache der Luftbewegung ist die Erwärmung des Erdkörpers durch die Sonne.

Wie wir bereits gesehen haben, wird der größere Theil der Sonnenwärme erst auf der Erdoberfläche entbunden. Die dadurch stärker erwärmten untersten Luftschichten steigen durch die kälteren überliegenden Luftschichten aufwärts; es entsteht ein aufsteigender Luftstrom, der durch die tiefer sinkenden kälteren Luftschichten ersetzt und unterhalten wird, der einen steten Wechsel der oberen und unteren Luftschichten, der Temperatur und Feuchtigkeit derselben im Gefolge hat.

Ungleiche Erwärmung benachbarter Flächen des Erdkörpers hat, im Großen wie im Kleinen, einen Kreislauf der Luftmassen zur Folge. Die höher erwärmte Luft außer dem Schatten eines Baumes steigt aufwärts, und wird durch die kühlere Schattenluft des Baumes ersetzt, die ihrerseits wieder Ersatz findet durch das Zuströmen der erwärmten aufgestiegenen Luft in den Schattenraum. Daher rührt die kühlende Luftbewegung im Schatten eines Baumes, eines Hauses, einer Wolke; daher die größere Luftbewegung am Rande geschlossener Waldbestände, am Ufer größerer Wasserflächen.

Die größte dieser Kreisbewegungen der Luft besteht zwischen dem Aequator und den Polen. Die unter dem Aequator im höchsten Grade erwärmte Luft steigt aufwärts und veranlaßt ein Zuströmen der kälteren Polarluft in den unteren Luftschichten zum Ersatz der aufgestiegenen Aequatorialluft, während erstere durch die auf ihrem Wege zu den Polen allmählig sich abkühlende Aequatorialluft der höheren Luftschichten fortdauernd ersetzt wird. Der ursprünglich in den höheren Luftschichten über dem Polarstrom in entgegengesetzter Richtung fließende Aequatorialstrom senkt sich schon in der gemäßigten Zone durch Abkühlung so tief, daß er hier nicht mehr über, sondern neben dem von Norden nach Süden gerichteten Polarstrome ver-

lauft. Diese Luftbewegung kann in voller Kraft nur auf der von der Sonne beleuchteten Erdhälfte stattfinden, daher die Ruhe und Stille der Nachtluft, wo diese nicht durch andere Ursachen gestört wird.

Die Atmosphäre zeigt also gleichzeitig eine doppelte Bewegung: die rotirende, von West nach Ost gerichtet, und die meridiane, von Nord nach Süd oder von Süd nach Nord gerichtete. Beide vereinen sich im Aequatorialstrome zu einer aus Südwest nach Nordost, im Polarstrome zu einer aus Nordost nach Südwest gerichteten Luftströmung unter Einfluß einer größeren Rotationsgeschwindigkeit, mit welcher ersterer, einer geringeren Rotationsgeschwindigkeit, mit welcher letzterer in unserer Zone anlangt. Zwischen beiden Hauptrichtungen des Windes folgen sich die, der Zeitdauer nach sehr unbestimmten Uebergangsrichtungen, vorherrschend in der Richtung SW., W., NW., N. u. s. w., hervorgerufen durch das Streben der beiden, in entgegengesetzter Richtung nebeneinander verlaufenden, meridianen Luftströme sich gegenseitig zu verdrängen.

In Deutschland sind die SW. W. und NW.-Winde die vorherrschenden. Wir verdanken ihnen unser fruchtbares Küstenklima, da sie uns die feuchte, im Sommer kühlere, im Winter wärmere Luft der nahen westlichen Meeresflächen zuführen, während die trockene Luft der entgegengesetzten Strömungen, von großen Continentalflächen zu uns hergeführt, im Winter kälter, im Sommer wärmer ist.

Wirkliche Stürme, von einer Heftigkeit, die dem Bestande unserer Wälder Gefahren bringt, sind meist lokaler Entstehung, am häufigsten wahrscheinlich herbeigeführt durch plötzliche Verdichtung großer Mengen Wasserdampfes, die zur Folge hat, daß die dem Orte der Verdichtung benachbarten Luftschichten mit großer Gewalt allseitig auf diesen eindringen. Stürme dieser Entstehung können daher von jeder Himmelsgegend her die Wälder angreifen und die übliche Hiebsrichtung von Ost nach West schützt die Bestände gegen den Angriff der Stürme nur bedingt.

5. Klimatische Gesammtunterschiede.

Nach der vereinten Einwirkung der einzelnen, in Vorstehendem erörterten Faktoren klimatischer Zustände unserer Atmosphäre lassen sich nachfolgende Hauptgruppen dieser Zustände unterscheiden:

a. Klima meeresgleicher Ebenen.

Es hängt von der geographischen Lage, von den Umgebungen des Landes, der Bodenbedeckung und Bodenbeschaffenheit ab. Eine allgemeine Charakteristik läßt sich daher nicht geben und nur ein Hervortreten der Extreme fast in jeder Richtung als charakteristisch bezeichnen: warme Sommer und Tage, kalte Winter und Nächte, anhaltende Feuchtigkeit, wechselnd mit anhaltender Trockenheit der Luft. Die Luftwärme wird hauptsächlich durch geographische Lage bestimmt; es spricht sich hier der Charakter des solaren Klima am bestimmtesten aus. Die Strömungen der Luft sind höchst veränderlich, da die bestimmenden Ursachen meist in weiter Ferne liegen. Wirkliche Stürme gehören zu den selteneren Erscheinungen.

Der Feuchtegrad der Atmosphäre, sofern er von äußeren Feuchtequellen abhängig ist, wird durch die Lage der Ebene zu den ständigen Strömungen der Atmosphäre bestimmt. (So erhält unser Deutschland große Wassermassen durch den, vermöge des Umschwungs der Erde westlich abgelenkten Polarstrom, welcher sich über den Meeresflächen mit Feuchtigkeit sättigte. Weiter östlich gelegene Länder werden von demselben Strome weniger befeuchtet, da er schon früher einen Theil seiner Feuchtigkeit verloren hat). Größtentheils bestimmt hier aber Bodenbeschaffenheit und Pflanzenwuchs den Feuchtegrad der Luft; Bodenbeschaffenheit, je nachdem die atmosphärischen Niederschläge in der Oberfläche festgehalten werden, und einer erneueten unmittelbaren Verdunstung unterworfen sind, oder in die Tiefe sinken und der Verdunstung entzogen werden; Pflanzenwuchs, indem mit größerer Pflanzenmenge der Atmosphäre eine größere Menge Feuchtigkeit nachhaltig zurückgegeben wird.

b. Küstenklima.

Die mittlere Luftwärme des ganzen Jahres muß durch die starke Verdunstung der benachbarten Wassermassen eine geringere sein. Dahingegen bleibt die Luftwärme gleichmäßiger, die Extreme fehlen, sie werden im Sommer durch Verdunstung, im Winter durch die wärmeren Wasserflächen abgestumpft. Daher kennt der Engländer kaum die Mäntel, die in Italien und Spanien zur Winterszeit unentbehrlich sind. In Irland gedeiht in gleicher Breite mit Königsberg die Myrthe wie in Portugal, aber es reift kein Wein, der in Königsberg noch gezogen wird. Ebenso gleichen sich auch die Temperaturen des Tages aus.

Die Feuchtigkeit der Atmosphäre ist natürlich groß, besonders sind die feineren atmosphärischen Niederschläge häufig. Die Strömungen sind heftig, gewöhnlich bestimmter Richtung, da die Ursache derselben in der Nähe liegt.

c. Klima der Hochebenen.

Die Wärme hängt im Allgemeinen von der Erhebung über dem Meeresspiegel ab und nimmt mit dieser relativ zu, da der Weg, den die Sonnenstrahlen in der Atmosphäre zu durchlaufen haben, ehe sie den Erdkörper treffen, ein kürzerer ist und in diesem Verhältniß weniger Wärme an die Luft von ihnen unmittelbar abgegeben wird. In gleicher Höhe ist das Klima milder als das Gebirgsklima, rauher als das der Gebirgsthäler, die Luft trockner, häufig treten aber Niederschläge ein.

d. Thalklima.

Da die Wärmezufuhr nicht größer ist, als sie der Grundfläche des Thales zugehen würde, so wird die Oberfläche des Thales in demselben Verhältnisse durchschnittlich weniger erwärmt, als sie größer wie die Grundfläche ist. Die Wärme der Sommerseiten ist aber eine erhöhte, da durch die senkrecht auf die Berghänge fallenden Sonnenstrahlen eine größere Wärmemenge entbunden wird. Um so weniger Wärme empfängt die

Schattenseite des Thales, da, gegenüber der Grundflächen-Erwärmung, das Wärme-Mehr der Sonnenseite durch ein Wärme-Weniger der Schattenseite ausgeglichen seyn muß. Da nun durch den Stand der Sonne an der Sommerseite eine außergewöhnliche Wärme erzeugt wird, so muß diese sehr rasch abnehmen, so wie die Sonne aufhört zu wirken, indem sich alsdann die Luftwärme der entgegengesetzten Expositionen rasch ins Gleichgewicht setzt. Ferner ist auch bei der, im Verhältnisse zur Grundfläche größeren Oberfläche des Bodens die Wärmestrahlung eine größere, in Folge dessen die Luft nach Untergang der Sonne sich rascher und in höherem Grade abkühlt. Daher wechseln hier heiße Tage mit verhältnißmäßig kalten Nächten; daher treten hier so häufig Fröste ein, indem die Vegetation früh erwacht und in den kalten Nächten getödtet wird. Der häufige Nebel und Reif in den Thälern rührt von dem raschen Einströmen der kalten Bergluft in die wärmere mit Feuchtigkeit gesättigte Luft des Thales her.

Daß die Luft überhaupt feuchter ist als die Gebirgsluft, liegt theils in dem größeren Feuchtigkeitsgehalt des Bodens, der im Thale von den benachbarten Hängen zusammenfließt, theils in der durch größere Tageswärme erhöhten Ausdünstung, theils in der Ruhe der Luft, wodurch die dem Boden entstiegenen Dünste weniger rasch verweht werden.

Die Strömungen der Atmosphäre sind ständiger Richtung, und hierin von der Richtung der Thäler abhängig. Selten sind sie von besonderer Heftigkeit. Je mehr sich die Thäler abflachen, um so mehr schwinden diese Eigenthümlichkeiten, um so mehr nähert sich das Thalklima dem der Hochebenen. Ebenso ist es sehr verschieden nach der Richtung der Thäler.

e. Klima der Flußniederungen.

Ist im Allgemeinen dem der Tiefebenen gleich, zeichnet sich aber durch einen größern und gleichmäßigern Feuchtegrad der Luft, durch geringere, aber gleichmäßigere Wärme und ständigere Richtung der Luftströme aus. Natürlich gilt dieß nur für breite Niederungen; schmale Flußniederungen haben das Klima der benachbarten Ebenen, oder, wenn sie von Bergen eingeschlossen sind, ein Thalklima.

f. Gebirgsklima.

Die Temperatur der Luft ist von der Erhebung über dem Meeresspiegel abhängig, und ich habe bereits erwähnt, daß die Wärmeabnahme auf 250—355 Meter Erhebung durchschnittlich 1° Reaumur beträgt, daß dieß aber weniger sei, je sanfter das Gebirge ansteigt. So werden schon aus diesem Grunde zwei gleich hohe Punkte am nördlichen und südlichen Abhange des Harzes ungleiche Temperaturen besitzen, die des südlichen Abhangs müssen wärmer sein.

Schon die Erhebung allein und die damit verbundene Wärmeabnahme äußert einen wesentlichen Einfluß auf das Vorkommen und Gedeihen der Hölzer.

Die Kiefer, die Linden, Erlen, Pappeln, Ulmen und die meisten Weidenarten bleiben im Gebirge am ersten zurück, sind eigentlich nur für

die Ebene bestimmt. Nur in Gebirgsthälern steigen die weichen Laubhölzer bisweilen höher hinauf.

Diesen Hölzern folgt die Eiche, sie geht im Harze, in Beständen nicht bis zu 350 Meter. Die Rothbuche, Weißtanne, Hornbaum und Esche gehen über 700 Meter, die Fichte, Lärche, Birke, Eberesche, Ahorn, Werftweide, bis 1000 Meter.

Im Riesengebirge steigen die meisten dieser Hölzer 350 Meter, in den süddeutschen Gebirgen gegen 700 Meter höher als am Harze.

Auch in Beziehung auf die Vertheilung der Wärme äußert die Erhebung über dem Meeresspiegel ähnliche Erscheinungen, wie die Entfernung vom Aequator. Die Vertheilung wird ungleichmäßiger, die Jahreswärme vereint sich gewissermaßen in einen immer kürzeren Zeitraum. Je mehr man sich erhebt, um so mehr schwindet der in unsern Ebenen so bestimmt hervortretende Herbst und das Frühjahr; einem lange dauernden schneereichen Winter folgt fast unmittelbar der kurze heiße Sommer, diesem ein im Allgemeinen kurzer, gegen die Dauer des Frühjahres aber langer, gemäßigt kalter und heiterer Herbst.

Der Feuchtigkeitsgehalt der Gebirgsatmosphäre ist an und für sich geringer als in tieferen Luftschichten, steht aber seinem relativen Maximum näher, so daß eine geringe Wärmeabnahme Niederschläge zur Folge hat. Daher treten in größerer Höhe häufiger Niederschläge ein, deren Verdunstung die Atmosphäre häufiger, aber vorübergehend sättigt. Daher dann auch die großen Schneemassen während des langen Winters, daher die Erscheinung, daß im Gebirge seltener die hohen Grade der Winterkälte hervortreten, wie sie der Ebene eigenthümlich sind.

Strömungen wegen Mangel an Schutz häufig, heftig, meist ständiger Richtung und in ihr durch den Verlauf der Gebirgszüge bestimmt.

Uebrigens hat im Gebirge die Neigung der Hänge nach verschiedenen Himmelsgegenden einen sehr wesentlichen Einfluß auf das Klima.

Die Ostseite ist kalt, da die Sonne nur des Morgens und Vormittags, wenn sie noch nicht den höchsten Grad der Erwärmbarkeit erreicht hat, auf den Boden einwirkt; sie ist trocken: da die sie treffenden Winde über große Landstrecken geweht und dort ihre Feuchtigkeit abgesetzt haben. Die Strömungen sind selten von besonderer Heftigkeit.

Die Vegetation erwacht spät, weßhalb von Spätfrösten wenig zu befürchten ist; mehr schaden im Herbste die rauhen trocknen Ostwinde, wenn die Saamenpflanzen und jungen Loden noch nicht gehörig verholzt sind. Daher säe und pflanze man hier im Frühjahre und wähle im Niederwalde den Winterhieb.

Da die trockenen Ostwinde die Pflanzen und den Boden zu verstärkter Ausdünstung anreizen, so muß bei der Verjüngung der Osthänge der Boden möglichst geschützt erhalten werden; widrigenfalls derselbe die verdunstete Feuchtigkeit nicht zu ersetzen vermag. Vom Graswuchse ist hier weniger zu befürchten als in anderen Freilagen, da bei der Lichteinwirkung, welche der Graswuchs fordert, eine demselben entgegenstehende Trockenheit erzeugt wird. (Bei Ostwinden fliegt der meiste Saame ab, besonders der der Nadelhölzer, weil die Trockniß der Luft die Zapfen austrocknet und öffnet.)

Die Westseite erhält die senkrechten Sonnenstrahlen zwar erst dann, wenn die größte Hitze vorüber ist: in den Nachmittagsstunden; die Erwärmung des Bodens wird aber dadurch gesteigert, daß sie zu einer Zeit stattfindet, in welcher die umgebende Luft bereits erwärmt ist. Daher trocknet die Westseite bei andauernden trocknen Winden in höherem Grade aus als die Ostseite; da aber Deutschland besonders häufig von andauernden feuchten Westwinden heimgesucht ist, so wird jener Nachtheil wesentlich gemildert; häufige Niederschläge erhalten den Boden feucht, und das Klima erhält dadurch eine dem Pflanzenwuchse sehr zusagende Beschaffenheit.

Das Klima ist milde, die Luft feucht, Wärme und Feuchtigkeitsgrad beständig, hohe Grade der Kälte und Wärme selten. Der Pflanzenwuchs leidet daher selten von Früh- oder Spätfröſten. Desto nachtheiliger werden die Strömungen der Atmosphäre durch ihre häufig sehr große Heftigkeit, weßhalb hier die größte Vorsicht gegen Windbruch zu beachten ist. Westhänge sind dem Windbruch jedoch nicht in dem Grade ausgesetzt, wie Südwest- und Nordosthänge, da der Wind, wenn er in gerader Richtung die Holzwand trifft, mehr Gewalt hat als in schräger Richtung.

Die Schlagstellung kann hier bedeutend lichter sein als an der Ostseite, da der Boden dem Austrocknen nicht in dem Grade ausgesetzt, der Wärmewechsel zwischen Tag und Nacht viel geringer, und die junge Pflanze im Gebirge von großen Schneemassen lange geschützt ist. Nur der mitunter reiche Graswuchs macht eine dunkle Stellung der Schläge nöthig.

Die Nordseite erhält erst spät am Tage die Sonne, und deren Strahlen stets in schräger Richtung, weßhalb hier die Wärmeentwicklung am geringsten ist. Der Feuchtigkeitsgrad der Luft ist an und für sich weniger bedeutend, als Niederschläge häufig sind, da die aufstoßenden wärmeren Luftströme hier ihre Feuchtigkeit zurücklassen. Von Windbruch ist nicht viel zu fürchten. Wegen der geringen Erwärmung durch die schräg einfallenden Sonnenstrahlen ist die Differenz der Tages- und Nachttemperatur weniger bedeutend, daher die jungen Pflanzen seltener von Spätfröſten leiden. Die Schläge können aus diesem Grunde nicht allein lichter gestellt werden als an Süd- und Westhängen, sondern dieß muß geschehen, um dem Lichtbedarf der Pflanzen zu genügen, da die Lichtwirkung an Nordhängen eine viel geringere ist.

Die Südseite ist für die Vegetation die ungünstigste. Die Sonne wirkt den ganzen Tag über. Die Strahlen fallen zur Mittagszeit, wenn die Sonne am höchsten steht, rechtwinklig auf den Boden, entwickeln die größte Wärmemenge, trocknen den Boden und die Atmosphäre aus. Die Vegetation erwacht sehr früh und leidet daher häufig von Spätfröſten, weßhalb hier Pflanzungen und Saaten spät im Frühjahre zu machen und geschützt zu erhalten sind. Um das Austrocknen des Bodens zu verhindern, muß derselbe unter Beschattung erhalten werden; daher ist eine dunklere Schlagstellung und allmählige Auslichtung rathsam; nothwendig wird sie, wenn das Thal, welchem der Südhang angehört, nach Westen geöffnet ist, in welchem Fall es von heftigen und andauernden Strömen heimgesucht wird.

Drittes Kapitel.

Vom klimatischen Verhalten der wichtigsten Holzpflanzen.

Die Birken.

Betula pubescens (alba Lin.) ist unter unsern Waldbäumen unstreitig diejenige Holzart, welche der geringsten Wärme bedarf, daher auch die größte Verbreitung hat. Wir finden sie von der nördlichsten Spitze Norwegens (70^0 nördl. Br.) bis zu den Pyrenäen (43^0 nördl. Br.), von England bis zum Kaukasus verbreitet. Eben so groß ist ihre Verbreitung in senkrechter Richtung, da sie eben so ein Gewächs der meeresgleichen Niederungen wie hoher Gebirgskämme ist. Lange dauernde heiße Sommer sind ihrem Gedeihen nicht günstig, daher sie dann, obgleich im nördlichen und mittleren Deutschland noch ein Gewächs der Niederungen, schon im südlichen Deutschland sich in die Gebirge zurückzieht. Kurze, mäßig warme, nicht zu nasse Sommer sind ihr am zuträglichsten; selbst trockne Witterung ist ihr günstiger als anhaltende Nässe, wenn sich hinlängliche Feuchtigkeit im Boden vorfindet. Auch die ganz junge Pflanze leidet wenig und selten von Frost, häufiger durch anhaltende Dürre. Im Gebirge gedeiht die Birke am besten an den kühleren und feuchteren Abend- und Mitternachtseiten. In ausgebreiteten reinen Beständen finden wir B. pubescens in der großen Meeresebene des nordöstlichen Deutschlands, Polens und Rußlands, wie über ganz Norwegen, Schweden, Finnland und Lappland verbreitet; in den deutschen Gebirgen tritt sie mehr vereinzelt in Untermengung mit anderen Holzarten auf. B. verrucosa hingegen ist eine viel weniger weit verbreitete, vorzugsweise Deutschland und zwar den meeresgleichen Ebenen angehörende, nicht so hoch als B. pubescens in die Gebirge hinaufsteigende Holzart.

Ein ähnliches Verhalten wie B. pubescens zeigt die Eberesche, besonders in ihrer Verbreitung in senkrechter Richtung; dahingegen geht sie bei weitem nicht so hoch nördlich.

Entgegengesetzt geht die Zitterpappel beinahe eben so weit nach Norden hinauf als die Birke, bleibt aber bei uns im Gebirge sehr früh zurück.

Die Lärche.

Das eigentliche Vaterland dieses Baumes ist das nördliche Rußland, Sibirien und das nordöstliche Asien, wo er bis zur Baumgrenze sich verbreiten soll. Nächstdem erscheint er noch in den Karpathen und in den Schweizer Alpen auf natürlichem Standorte, und zwar bis zu derselben Höhe wie die Fichte aufsteigend, aber mehr vereinzelt, selten in reinen Beständen. In Deutschland ist er seit einem halben Jahrhundert häufiger angebaut, bleibt aber hier sehr früh, meist schon mit dem 50sten Jahre, selbst im Gebirge im Wuchse zurück, ein Zeichen, daß unser Klima ihm nicht zusagt. Demungeachtet zeigt die Lärche hier auf günstigem Standorte bis zum 50sten Jahre einen lebhaften Wuchs, so daß ihr fortgesetzter Anbau in Untermengung zu empfehlen ist. Im Gebirge gedeiht sie am besten an den gemäßigt feuchten Nordhängen, und an den Westseiten, wenn diese

vor Stürmen geschützt sind. Heiße trockne Sommer sind ihrem Gedeihen eben so hinderlich, wie lange anhaltende Nässe, daher sie weniger für die Thalgründe als für die nicht zu sehr dem Winde bloßgestellten Freilagen und für die Hochebenen geeignet ist. Im Meeresboden fordert sie Bodenfeuchtigkeit bei nicht zu feuchter Atmosphäre.

Die Fichte.

Ihre Verbreitung ist weit größer als die der Lärche. Wir finden sie in großen zusammenhängenden Waldmassen und reinen Beständen von den Schweizeralpen, über ganz Deutschland, den größten Theil des europäischen Rußlands, bis hoch in den Norden Norwegens hinauf verbreitet. Im südlichen Deutschland und überall ist sie ein Baum des Gebirgs, der fast bis zur Grenze des Baumwuchses hinauf steigt, in den meisten Fällen diese wirklich und zwar in reinen, wenn auch verkrüppelten Beständen bildet. Im nordöstlichen Deutschland wird die Fichte ein Baum der meeresgleichen Niederungen, und schon die Ebenen Schlesiens sind reich an ausgebreiteten Fichtenbeständen. Die Fichte gedeiht daher fast in jeder Lage; Niederungen sagen ihr jedoch nur dann zu, wenn sie in der Atmosphäre höhere Grade der Feuchtigkeit vorfindet, durch welche gleichzeitig die hohen Wärmegrade des Sommers gemildert werden. Große Wärme und Trockenheit der Luft sind ihrem Gedeihen, selbst bei hinreichender Bodenfeuchtigkeit hinderlich, wohingegen sie gegen kalte und nasse Sommerwitterung und große Winterkälte selbst im jugendlichen Zustande ziemlich unempfindlich ist.

Die Ahorne.

Das Vorkommen des Bergahorns in Deutschland ist auf die Gebirge beschränkt; in den Ebenen findet er sich nur künstlich angebaut, mitunter in Untermengung mit Rothbuchen. Selbst im Gebirge gehört sein Vorkommen in reinen Beständen zu den Seltenheiten. Im Gebirge geht diese Holzart sehr hoch hinauf, fast bis zur Fichtengrenze; sie würde häufiger seyn und in größerer Menge auftreten, wenn nicht die junge Pflanze, besonders der keimende Saame, so oft unter Spätfröstén litte. Im Gebirge liebt der Bergahorn die nördlichen und westlichen Freilagen und die Hochebenen. Trockne warme Sommerwitterung ist seinem Gedeihen entgegen.

Ein ziemlich gleiches Verhalten zeigt der Spitzahorn, doch geht er weniger hoch in die Gebirge. Demohnerachtet ist er in der Ebene weniger empfindlich gegen Spätfröste wie der Bergahorn. Das Laub des letztern erfriert im Frühjahre sehr häufig, während das gleich weit entwickelte Laub des Spitzahorn unter denselben Umständen an Pflanzen unbeschädigt bleibt, die mit dem Bergahorn aus gleicher Saat stammen und unmittelbar neben einander stehen. Der Masholder-Ahorn, eben so unempfindlich gegen das rauhe Gebirgsklima als die vorgenannten beiden Arten, kommt auch in den Niederungen Deutschlands nicht selten vor.

Die Rothbuche

ist über ganz Deutschland und über den größten Theil fast aller Nachbarländer verbreitet, dehnt sich aber nicht über den Süden Schwedens und

über das mittlere Rußland aus. Im Harze erhebt sie sich zu einer Höhe von mehr als 700 Meter, im Riesengebirge steigt sie um 300 Meter, in den süddeutschen Gebirgen um 700 Meter höher. Im Gebirge liebt die Rothbuche die Thäler, die Hoch- und Tiefebenen und die Nord- und Westhänge, geschützte Lagen mehr als Freilagen, in der Ebene finden wir sie von vorzüglichem Wuchse in den Niederungen des Flußbodens und auf dem Hügellande in der Nähe der Seeküste, wo die Menge und Größe der Wasserflächen die hohen Grade der Kälte und der Wärme mäßigt; selbst in größter Nähe der Seeküste gedeiht sie trefflich. Die junge Pflanze leidet viel und lange von Spätfrösten, besonders an Mittag- und Morgenseiten, wo der Pflanzenwuchs früh erwacht und der Uebergang der geringen Luftwärme des Morgens, zu der hohen des Tages rascher erfolgt. Daher sind junge Buchenorte dieser Freilagen besonders sorgfältig zu behandeln und zu schützen.

Der Hornbaum

hat mit der Rothbuche ziemlich gleiches Vorkommen, doch verbreitet er sich nördlich nicht über Deutschland hinaus, und auch im Gebirge bleibt er etwas hinter der Rothbuche zurück. Demungeachtet ist dieser Baum gegen atmosphärische Einwirkung weit weniger empfindlich. Geringere Wärme und höhere Feuchtegrade sagen zwar auch ihm besser zu, doch sehen wir ihn selbst in südlichen Freilagen, die der Rothbuche nicht mehr zusagen, noch ganz gut gedeihen; auch gegen Spätfröste ist selbst die ganz junge Pflanze weniger empfindlich, und schon in wenigen Jahren dem Frostschaden gänzlich entwachsen, so daß selbst die stärksten Kältegrade unseres Klima ihr nicht zu schaden vermögen. Auf dem Meeres- und Flußboden der Ebenen sehen wir die Hainbuche ganz gut, mitunter in reinen Beständen gedeihen. Im Gebirge habe ich sie nur als eingeordnete Holzart kennen gelernt.

Die Esche

ist über ganz Deutschland verbreitet, im Norden vielleicht häufiger als im Süden. Im Gebirge steigt sie mit der Rothbuche gleich hoch und verlangt besonders einen höheren Feuchtegrad der Luft, weßhalb sie die Süd- und Osthänge meidet und mehr in Thälern, an geschützten Nord- und Westhängen, vorkommt. Im übrigen ist ihr Auftreten mehr an Boden-, als an atmosphärische Verhältnisse gebunden. Die jungen Pflanzen leiden häufig von Spätfrösten.

Die Linde

verbreitet sich zwar weiter nördlich wie die beiden vorgenannten Holzarten, geht aber nicht so hoch in die Gebirge hinauf und zieht die Niederungen, Thäler und geschützten Lagen den Freilagen vor. Gegen Kälte ist sie auch in der Jugend ziemlich unempfindlich, weniger gegen Hitze und lange dauernde Trockenheit der Luft. Ueberall kommt sie nur unter andere Laubhölzer gemengt vor.

Die Weißtanne.

In ausgedehnteren Beständen erstreckt sie sich nicht weit über die nördliche Gebirgslinie Deutschlands hinaus, und nur am Fuße der Sudeten

steigt sie in die Ebene hinab. Wo man sie außerdem in der norddeutschen Meeresebene vorfindet, ist sie durch künstlichen Anbau dahin gebracht. Selbst im Harze, Thüringerwalde und im Erzgebirge besteht sie größtentheils wohl nur durch Anbau. In ausgebreiteten Beständen bedeckt sie den Schwarzwald, erhebt sich dort, jedoch nur ausnahmsweise, und auf sehr günstigem Standorte über 700 Meter von der Meeresfläche; in den Alpen soll sie hingegen über 1600 Meter steigen. In ihrem übrigen Verhalten zum Klima hat die Weißtanne die größte Aehnlichkeit mit der Rothbuche, besonders ist die junge Pflanze fast noch empfindlicher gegen Frost, raschen Temperaturwechsel und gegen starke Lichteinwirkung.

Die Hasel

ist über ganz Deutschland und bis in den hohen Norden Norwegens (65°) verbreitet. Auch in die Gebirge steigt sie bis über die Rothbuchen-Grenze hinauf und findet sich hier besonders auf und in der Umgebung der Bergwiesen, so wie an kahlen feuchten Freilagen. Auch in der Ebene, in Vorbergen und Flußniederungen, deren Klima ihr am meisten zusagt, zieht sie die Feldhölzer, Hecken, Wiesen und Bruchränder geschützterem Standorte und dem Inneren größerer Bestandsmassen vor.

Die Eichen.

Die Stieleiche ist nach Norden und Süden hin viel weiter verbreitet, als die vorgenannten Holzarten, von den Pyrenäen bis hoch in den Norden Norwegens (einzelne bis 65°) hinauf; dahingegen geht sie in senkrechter Richtung viel weniger hoch, bleibt im Gebirge viel hinter der Rothbuche zurück, und zwar in den norddeutschen Gebirgen an 150—250 Meter, in den süddeutschen Gebirgen an 350—450 Meter. Sie bleibt im norddeutschen Gebirge 150—200 Meter, im süddeutschen aber 300 Meter hinter der Traubeneiche zurück, und ist überhaupt mehr ein Baum der Ebene und der Vorberge. Die Hauptursache ihres Zurückbleibens im Gebirge hinter der Traubeneiche ist wohl der um 14 Tage früher eintretende Laub- und Blüthenausbruch, in Folge dessen die Blüthe häufiger durch Spätfröste zerstört wird.

Die Traubeneiche ist die ächt deutsche Eiche, wenig über die Grenzen unseres Vaterlands (im weiteren Sinne) hinausgehend; in den Gebirgen des nördlichen Deutschland 150—200 Meter, in den süddeutschen Gebirgen um 300 Meter höher steigend als die Stieleiche.

Weit beschränkter als das Vorkommen der genannten beiden Eichenarten ist das der Zerreiche, deren Vorkommen in Deutschland auf das südliche Oesterreich beschränkt ist.

In höherem Grade als die vorgenannten Holzarten verträgt die Stiel- und Traubeneiche Wärme und Trockenheit des Klima; an flachgründigen dürren Sommerhängen wächst sie, besonders als Schlagholz noch da, wo fast alle übrigen Holzarten eingehen und zieht überhaupt die Freilagen den sehr geschützten Thälern der Gebirge vor. Am besten gedeiht sie im Klima des hüglichen Meeresbodens und der Flußniederungen, meidet aber die

unmittelbare Nähe der Seeküste mehr als die Rothbuche. Die junge Pflanze, welche schon im ersten Jahre eben so tief, auf lockerem Boden tiefer in die Erde als in die Luft wächst, ist gegen Witterungseinflüsse unempfindlich, und nur der Saame bedarf, sowohl während des Winters als während und nach dem Keimen, des Schutzes durch eine Erddecke oder durch Laub.

Die Ulmen

sind in noch höherem Grade als die Eiche an die Ebene und an die Vorberge gebunden: hier finden sie sich zwar durch ganz Deutschland, jedoch größtentheils einzeln und nur in Flußniederungen, z. B. der Elbe, in wenig ausgebreiteten reinen Beständen. Im Gebirge bleibt die Ulme noch hinter der Eiche zurück, und findet sich hier stets nur einzeln mehr an den warmen Südhängen und an Freilagen, als in entgegengesetzten Verhältnissen. Ihr vorzüglichster Standort ist der fruchtbare Flußboden und die flachen muldenförmigen Thäler der Vorberge. Die junge Pflanze leidet nicht unter Spätfrösten, wohl aber unter Frühfrösten und starker Winterkälte, kann bei uns jedoch ganz im Freien erzogen werden.

Die rothe Erle

ist über ganz Europa bis zum 60° nördl. Br. verbreitet, wohingegen sie in den Gebirgen sehr zurückbleibt. Im Harze kommt sie schon bei 500 Meter nur noch kümmerlich fort, in den süddeutschen Gebirgen soll sie sich kaum bis zu ⅓ der Schneegrenze erheben. Innerhalb dieser Grenzen ist ihr Vorkommen weit mehr von Bodenverhältnissen, als vom Klima abhängig, in Folge dessen sie besonders häufig und in großen reinen Beständen, in den Brüchen des nördlichen Deutschlands, vorzugsweise die Seeküste begleitend, heimisch ist. Das Seeklima sagt ihr überhaupt sehr zu, und sie zeigt hier, sogar im ausgewaschenen Sande der Dünen, einen guten Wuchs. Feuchtigkeit der Luft und dadurch gemäßigte Wärme und Kältegrade, sind ihr um so nöthiger, da nicht allein die junge Pflanze, sondern selbst das Laub alter Bäume, besonders aber die Stockloden des Niederwaldes sehr unter Spätfrösten leiden.

Die nordische Erle

ist in Deutschland nur künstlich angebaut, gedeiht aber im Klima Norddeutschlands, besonders in der Nähe der Seeküste, trefflich. Ihr eigentliches Vaterland ist Norwegen, Schweden und das nördliche Rußland; einzeln kommt sie auch in den Schweizeralpen vor und hat sich von da aus in den, diesen entspringenden Flußniederungen verbreitet. Daß sie ein trockneres, wärmeres Klima fordert als die rothe Erle, kann ich nicht bestätigen, indem ich sie unter denselben Verhältnissen, wie jene einzeln und in reinen Beständen bewirthschaftet, überall in gleich freudigem Gedeihen beobachtet habe.

Die Kiefer.

Ihre geographische Verbreitung ist sehr groß, von den Pyrenäen bis in den hohen Norden Norwegens. In Deutschland findet sie sich am aus-

gebreitetsten in der großen nördlichen und nordöstlichen Ebene, mit der sie sich tief nach Rußland hinein zieht. Weit geringer ist im Norden ihre Verbreitung in senkrechter Richtung, so daß keine Holzart bestimmter den Niederungen angehört als sie. Dennoch haben die Granitgebilde des Harzes in früheren Zeiten Kieferbestände getragen, wie die mächtigen Stämme beweisen, welche man noch jetzt in den Torfbrüchen unter dem Brocken findet. Im südlichen Deutschland wird die Kiefer Gebirgsbaum. Im Murgthal habe ich sie bis zum Kamme der westlichen Berghänge in geschlossenen Beständen aufsteigend gefunden. Unter allen Holzarten verträgt sie das trockenste und wärmste Klima, wie dieß den Sandflächen des Meeresbodens eigenthümlich ist, da ihre sehr tief streichenden Wurzeln die Bodenfeuchtigkeit auch aus großer Tiefe an sich ziehen. Aber auch Feuchtigkeit und gemäßigte Luftwärme sagen ihr zu, wie dieß ihr gutes Gedeihen in unmittelbarer Seenähe beweist. Wenn sie daher selten und nur einzeln in Gebirgen auftritt, so liegt dieß mehr im Boden als in atmosphärischen Verhältnissen, da auch die junge Pflanze gegen ungünstige Witterung unemfindlich ist. Mehr als die übrigen Nadelhölzer leidet die Kiefer wegen der vollen Belaubung und der Brüchigkeit ihrer Aeste unter Duft- und Schneedruck.

Literatur.

Pouillet-Müller, Lehrbuch der Physik und Meteorologie. Braunschweig. 1842.

Dowe, meteorologische Untersuchungen. Berlin. 1837.

Schübler, Grundsätze der Meteorologie. 1821.

D. G. Heyer, forstliche Bodenkunde und Klimatologie. Erlangen. 1856. Sehr ausführlich und Hauptwerk.

J. C. Hundeshagen, die Lehre von Klima, herausgegeben von Klauprecht. Karlsruhe. 1840.

G. König, Gebirgskunde, Bodenkunde und Klimalehre in ihrer Anwendung auf Forstwirthschaft, herausgegeben von C. Grebe. Eisenach. 1853.

Zweiter Abschnitt.

Vom Boden und dessen Verhältniß zum Pflanzenwuchs.

Unter dem Ausdruck Boden, in der hier vorliegenden Bedeutung, versteht man die oberste lockere Erdschichte des Festlandes unserer Erde, so weit diese dem Pflanzenwuchse und der Wurzelverbreitung desselben zugänglich ist.

Die Bodenkunde soll uns die Beziehung kennen lehren, in denen der Boden zu den Gewächsen steht.

In dieser Richtung, als integrirender Bestandtheil der Pflanzenkunde, hat sie schon jetzt einen Standpunkt erreicht, der ihr die volle Berücksichtigung auch von Seiten des Forstmannes sichert. Anders verhält sich dieß leider mit ihrer Nutzanwendung auf Bodenwürdigung, d. h. auf

das Bestreben, aus der Erforschung des Stoffgehaltes und der Eigenschaften eines Bodens dessen Fruchtbarkeitsgrad zu bemessen, nicht allein im Allgemeinen, sondern auch in Bezug auf die Ansprüche verschiedenartiger Kulturpflanzen; nicht allein in Bezug auf die Qualität, sondern auch in Bezug auf die Quantität derselben. In dieser Richtung hat uns die Bodenkunde bis heute noch wenig nutzbare Früchte getragen. Die Ursache hiervon liegt darin, daß die Fruchtbarkeitsart und der Fruchtbarkeitsgrad eines Standorts nicht allein von Beschaffenheit und Eigenschaften des Bodens, sondern auch von dessen Unterlage wie von dessen atmosphärischer Bedeckung abhängig sind, daß in beiden, wie im Boden selbst Fruchtbarkeitsfaktoren enthalten sind, die wir theils gar nicht messen können, ihrer Veränderlichkeit oder Unzugänglichkeit wegen, für die anderertheils ein dem Pflanzenbedarf entsprechender Maaßstab noch nicht gefunden ist. (S. meine „Controversen der Forstwirthschaft". Braunschweig. 1853. S. 30.)

Es wäre aber ohne Zweifel zu weit gegangen, wollte man „das Beste als des Guten größter Feind" allein gelten lassend, all' und jede unmittelbare Bodenwürdigung verwerfen. Es wird uns die Untersuchung der Bestandtheile und der Eigenschaften des Bodens zu einem Resultate führen, aus dem sich, wenn auch indirekt, Schlüsse auf die Bodengüte ziehen lassen, die wir überall da in Anwendung setzen mögen, wo der sicherste Weiser der Standortsgüte fehlt: das in unseren mehrjährigen, normal erwachsenen Holzbeständen uns vorliegende Resultat mehrjähriger Produktion desselben Standorts.

Hiermit habe ich die Ansichten ausgesprochen, welche mich bei der Darlegung des Nachfolgenden leiteten. Den größten Werth lege ich auf die Erörterung der allgemeinen Beziehungen zwischen Boden und Pflanzenwuchs, der allgemeinen Bedingungen, von denen die Fruchtbarkeit des Bodens abhängig ist; einen nur untergeordneten Werth lege ich zur Zeit noch auf alle unmittelbare Messung der Bodenkraft, daher auch auf speciellere analytische Bestimmung der Bodenbestandtheile. So nothwendig diese sind, um die Wissenschaft unmittelbarer Bodenwürdigung über ihren gegenwärtigen Standpunkt zu erheben, stehen sie doch den hier vorliegenden Zwecken ziemlich fern, haben auch bisher in unseren forstwirthschaftlichen Experten nicht viel mehr als ornamentale Bedeutung gehabt.

Unsere Holzpflanzen stehen, bei ihrem ersten Auftreten, vom Boden ziemlich unabhängig da. Der keimende Saame bedarf nicht unbedingt des Erdreichs. Die meisten Sämereien sehen wir bei entsprechender Wärme und feuchter Luft sich entwickeln, und wo dieß nicht der Fall ist, bleibt doch die Art der Bedeckung gleichgültig, wenn nur ein dem Keimen günstiger Wärme- und Feuchtigkeitsgrad bei hinlänglichem Luftzutritt gegeben ist, der allerdings in vielen Fällen nur durch Bedeckung und durch besondere Eigenschaften der Decke gesichert werden kann.

Erst wenn dem keimenden Saamenkorne die junge Pflanze entsprossen ist, tritt der Boden zu ihr in mehrfache Beziehung. Zuerst gewährt er ihr Haltung und Standort, er sichert ihre Wurzeln vor nachtheiligen äußeren Einflüssen, und endlich führt er ihr die zur Auflösung des Mehls in den Saamenlappen nöthige Feuchtigkeit zu.

Ist weiterhin die vom Mutterstamme dem Saamenkorne mitgegebene

Nahrungsmenge der Saamenlappen verzehrt, hat sich in Folge dessen der Keim des Saamens zur freien, selbstständigen Pflanze entwickelt, dann gewährt ihr der Boden nicht allein Haltung, Schutz und Feuchtigkeit, sondern er führt ihr, in letzterer aufgelöst, auch die mineralischen Nahrungsstoffe zu. Der Boden erhält dann für die ganze Lebensdauer der Pflanze eine letzte wichtige Bedeutung, die einer Werkstatt, in welcher aus abgestorbenen pflanzlichen und thierischen Stoffen, so wie aus dem mineralischen Bestande des Bodens selbst, Pflanzennahrung bereitet wird; er ist eine Vorrathskammer, in welcher sich die unterirdische Pflanzennahrung anhäuft und im Ernährungsraume der Pflanze festgehalten und aufgespeichert wird.

Die Verschiedenheit des Bodens, nach der er den Pflanzen in größerer oder geringerer Vollkommenheit Haltung, Schutz, Feuchtigkeit und Nahrung zu gewähren vermag, ist unendlich groß, und nicht allein in seiner Beschaffenheit, sondern auch in der seiner Grenzen, der Bodenunterlage, wie in der ihn deckenden Atmosphäre begründet. Wir kennen Bodenarten, die dem Wuchse aller Holzpflanzen in gleichem Maße entgegenstehen, andere, die den Wuchs fast aller gleichmäßig begünstigen; zwischen diesen besteht eine lange Reihe von Uebergangsstufen.

Außer dieser unbedingten Bodengüte erkennen wir aber auch noch eine bedingte; bedingt, erstens: durch die Natur der Pflanze, welche auf dem Boden wächst. Die Erfahrung lehrt uns, daß nicht jeder Boden für alle Pflanzen gleich günstig ist; daß eine Pflanzenart mehr für diese, eine andere mehr für jene Bodenbeschaffenheit bestimmt erscheint. So kann der beste Erlenboden für die Buche der schlechteste sein, guter Buchenboden dem Wuchse der Kiefer, guter Kieferboden dem Wuchse der Buche nicht entsprechen. Der Forstmann muß daher zu beurtheilen wissen, welche Pflanzen einer vorliegenden Oertlichkeit mehr oder minder entsprechen, durch welche er diesem oder jenem Boden den höchsten Ertrag abzugewinnen hoffen darf, und dazu bedarf er einer Kenntniß des Bodens und seiner Eigenschaften. Er bedarf dieser Kenntniß ferner, um die Bewirthschaftung der Waldbestände der Bodenbeschaffenheit gemäß zu führen, durch die Wirthschaft guten Boden in seiner Güte zu erhalten, schlechten zu verbessern. So fordert z. B. eine Bodenart Schutz und Schirm vom Mutterbestande, andere ertragen, noch andere fordern Lichtung und Luftwechsel.

Bedingt ist die Bodengüte ferner nach der Verschiedenheit des Klima. Ein und derselbe Boden kann im rauhen feuchten Klima fruchtbar sein, der in heißer sonniger Lage, in trockner Luft höchst unfruchtbar sein würde, und umgekehrt. Bedingt ist sie endlich durch die Beschaffenheit ihrer unteren Begrenzung; derselbe Sandboden, welcher in geringer Erhöhung über einer Wasserfläche, oder über einem, die Feuchtigkeit zurückhaltenden Erd- oder Gesteinlager fruchtbar ist, kann unter anderen Lagerungsverhältnissen die höchsten Grade der Unfruchtbarkeit tragen.

Die Güte eines Bodens wird daher nicht allein von der Beschaffenheit seiner Bestandtheile und von deren Mischungsverhältniß, sondern in gleichem, mitunter höherem Grade von der Tiefe, Lage und Beschaffenheit seiner Unterlage wie vom Klima bestimmt. Noch größere Bedeutung erhält die felsige Bodenunterlage da, wo der sie bedeckende Boden aus ihrer Zerstörung

hervorging, wie dieß in Gebirgsgegenden größtentheils der Fall ist. Ich werde daher in Nachfolgendem zuerst von der Bodenunterlage und deren Einfluß auf die Bodenbeschaffenheit, dann von der Bodenunterlage als Bodenbilder, und zuletzt vom Boden selbst sprechen.

Erstes Kapitel.

Von der Bodenunterlage und deren Einfluß auf Boden- und Pflanzenwuchs.

I. Entstehung der Gebirgsarten.

So weit wir in das Innere unserer Erde eingedrungen sind, besteht dieselbe aus felsigen Massen verschiedenen Bestandes und verschiedener Bildung. In der Zusammenfügung eines Theiles dieser Felsschichten erkennt man deutlich, daß ihre Masse, früher im Wasser aufgelöst, sich aus diesem niedergeschlagen hat. Es zeichnen sich diese Felsmassen durch ein, nur im Großen, wie beim Quadersandsteine, oder bis ins Kleinste, z. B. beim Thonschiefer hervortretendes schiefriges Gefüge ihrer Bestandtheile aus. Ein anderer Theil der Felsen läßt eben so deutlich erkennen, daß er, wie jener durch Wasser, einst durch Feuer flüssig war, und seine jetzige Festigkeit mit dem Verschwinden der schmelzenden Hitze erhielt.

Aus dem verschiedenen Bestande, der Lagerungsrichtung, und aus aufgefundenen thierischen und pflanzlichen, versteinten Körpern im Innern der Felsschichten hat man ferner erfahren, daß jene Felsschichten nicht gleichzeitig, sondern in mehreren, durch lange Zeiträume getrennten Perioden sich bildeten.

Man ist berechtigt anzunehmen, daß unser Erdkörper, noch lange Zeit nach dem Zusammentreten seiner Stoffe aus dem Weltenraume, sich im feuerflüssigen Zustande befunden habe, während das Wasser, Luftarten und andere, bei großer Hitze flüchtige Bestandtheile der Erde, durch die vom Erdball ausstrahlende Hitze in Dunstform aufgelöst, eine weit entfernte Wolkenschicht bildete.

Auf der feuerflüssigen, durch den Umschwung abgerundeten Erdkugel mußten die leichtesten Metalle, die der Erden und Alkalien, die Oberfläche einnehmen. Theils durch allmählige Abkühlung der Erdoberfläche, theils durch Verbindung der Metallstoffe mit dem Sauerstoffe der Atmosphäre entstand die erste dünne Erstarrungsschicht über dem feuerflüssigen Erdkerne, das was wir heute die erste Erstarrungsschicht, Urgebirge nennen, bestehend aus krystallinisch körnigen, versteinerungsleeren Felsarten: Gneus und Glimmerschiefer, Talk- und Chloritschiefer.

In Folge zunehmender Abkühlung der Erdoberfläche und verminderter Wärmestrahlung schlug sich das Wasser der Wolkenregion auf die Erdoberfläche theilweise nieder, drang durch Risse und Spalten der geborstenen Erdrinde zur inneren, feuerflüssigen Masse und veranlaßte unterirdische Dampfbildung, durch deren Kräfte die noch dünne Erdrinde theils gehoben, theils gesenkt wurde. In den Senkungen sammelte sich das Wasser, es entstand der Gegensatz zwischen Meer und Festland.

Durch mächtige Umwälzungen dieser Art war ein großer Theil der Urgebirgsmassen zertrümmert und aufgelöst worden. Niederschlag aus dem Meerwasser bildete geschichtete Gesteine: das Uebergangsgebirge, bestehend vorzugsweise aus Thonschiefer und Grauwacke, aus kalkigen Gesteinen, wie Marmor und Dolomit; untergeordnet Kieselschiefer, Quarzfels, Alaunschiefer. Die organischen Reste in diesen Schichtungen gehören überwiegend Meeresbewohnern an und zwar nur niederer Bildung: Korallen, Schaalthiere, Krebse, denen aber eine reiche Pflanzen=Vegetation vorhergegangen sein muß, da Thiere in erster Instanz nur von Pflanzen sich ernähren können. Es waren das wahrscheinlich leicht zersetzbare Wasserpflanzen, deren Ueberreste in den geringen Mengen von Graphiten und Anthraciten (älteste Steinkohle) sich erhalten haben. In vulkanischen Ausbrüchen drangen einestheils feuerflüssige Massen aus dem Innern der Erde hervor, die zu krystallinisch körnigen Gesteinen, zu Graniten und Syeniten erstarrten, anderntheils wurden die Schichtungen des Uebergangsgebirgs vielfältig aus ihrer ursprünglich horizontalen Lage verrückt, gehoben oder versenkt; ein Theil des früheren Festlandes senkte sich und wurde zum neuen Meeresbette, ein Theil des früheren Meeresbettes wurde erhoben und Festland.

Nach dieser ersten Umwälzung trat auf dem Festlande eine Periode ungemein üppigen Pflanzenwuchses ein, dessen Untergang, in Folge einer zweiten Umwälzung, mächtige Steinkohlenlager ihr Entstehen verdanken. Die Flora bestand hauptsächlich aus Farrenkräutern, Cycadeen und Araukarienähnlichen Nadelhölzern, seltner aus monocotylen Pflanzen. Schaalthiere und Fische im Wasser, selten gefundene Insekten des Festlandes, bildeten die Fauna. Diese zweite, im Allgemeinen von denselben Erscheinungen und Erfolgen begleitete Umwälzung lieferte die plutonischen Gebilde der Grünsteine und die neptunischen der Steinkohlenformation: Kohlensandsteine, Bergkalk und Schieferthone, wechselnd mit Steinkohlenlagern.

Folge einer dritten Umwälzung ist die, das Steinkohlengebirge überlagernde Zechsteinformation, bestehend aus den geschichteten Gebirgsarten des Rothen= und Weißen=Todtliegenden, des Kupferschiefers und des Zechsteins (untergeordnet Gyps, Dolomit, Stinkkalk und Rogenstein), gehoben und durchbrochen von Porphyren. Organische Reste finden sich hier sehr wenige und nur solche von Meerbewohnern.

Der Zechsteinformation folgte die Formation der Trias (Salzgebirge); zu unterst bunter Sandstein, dann Muschelkalk, dann Keuper; Kalke als Muschelkalk mit untergeordneten Lagern von Dolomit, Gyps, Steinsalz, Hornstein, Lettenkohle (letztere selten und in wenig mächtigen Lagen auf der Grenze zwischen Muschelkalk und Keuper) und Lager von Thon und Mergel.

Die Juraformation besteht vorherrschend aus Kalksteinen und Sandsteinen; untergeordnet Dolomit, Mergel und Thon.

Das Kreidegebirge besteht aus drei untergeordneten Formationen: 1) der Waldformation, bestehend aus Sandsteinen und schiefrigen Mergeln, untergeordnet Kalk und Schwarzkohlenlager; 2) der Quadersandsteinformation: Quadersandstein, Kalk= und Mergellager; 3) Kreideformation: Kreide und Kreidemergel, untergeordnet Mergel, Sandstein.

Diese Reihe deutlich geschiedener Formationen kann man, vom Kohlengebirge einschließlich aufwärts, mit dem gemeinschaftlichen Namen Flözgebirge bezeichnen.

Die Formation des Zechstein, der Trias und des Jura enthalten an organischen Resten fast nur Meerbewohner, sehr wenige Landpflanzen. Es scheint daher als hätten die Veränderungen der Erdoberfläche während dieser Periode mehr in Hebungen des Meeresgrundes als in Versenkungen des Festlandes bestanden. Bis zur Juraperiode scheint die Flor von der der Kohlenperiode nicht wesentlich verschieden gewesen zu sein; Araukarien, Palmen, Cycadeen, Farren sind vorherrschend. Auf dem Rücken der Juraformation hingegen erhielt die Flor einen durchaus abweichenden Typus. Nadelhölzer ähnlich unserer Gattungen Pinus und Abies sind vorherrschend, großblättrige Laubhölzer (Credneria) häufig, einzeln treten schon die in tertiären Formationen so verbreiteten Nadelhölzer aus der Familie der Cypressen auf.[1] Die Ueberreste dieser Vegetation finden sich theils in den oberen Schichten des Jura, vorzugsweise aber in den Kohlenlagern der unteren Kreideschichten.

Grünstein-Eruptionen fanden von der Periode der Grauwackenformation bis zur Bildung des bunten Sandsteins, Porphyr-Eruptionen von der Bildung des Kohlengebirgs bis in die Juraperiode hinein statt.

Die über der Kreide lagernden Gebirgsschichten bezeichnet man im Ganzen als tertiäre Formationen und unterscheidet

1) Die Molasseformation: a) untere Braunkohlenformation, bestehend aus Sandsteinen, Schieferthonen, Sand- und Thonlagern, wechselnd mit Braunkohlenlagern; b) Grobkalkformation: Kalksteine, Thon, Mergel, Sandlager; c) Süßwasserkalk; Kalk mit Süßwasser-Conchylien, Mergel, Sand und Braunkohlenlager.

2) Diluvialformation: Ablagerungen von Sand, Lehm, Thon, Mergel, gemengt mit Geschieben nordischer Gebirgsarten (meist Granitfindlinge), untergeordnet Knochenbreccie und Bohnerz; gebildet durch eine letzte, allgemeiner verbreitete Umwälzung und Hebung.

3) Alluvialgebilde: Kies-, Sand-, Lehm, Thon- und Geröll-Ablagerungen, Kalktuffe, Sinter, Raseneisen, Torflager, entstanden seit der Vollendung des Diluvium und noch heute sich fortbildend durch Anschwemmungen von Flüssen oder Seen aus, durch Absatz aus Quell- oder Sumpfwasser.

Den Perioden der Molasse und des Diluvium gehören die vulkanischen Eruptionen des Basalt, der Alluvialperiode die Lavaergüsse an.

Eine äußerst reiche Flor der Kreideperiode ist in den Gebilden der tertiären Formationen, besonders in der Molasseformation erhalten. Vorherrschend, wenigstens im nördlichen und mittlern Deutschland, ist die Familie der Cypressen, doch deutet Vieles darauf hin, daß unsere Braunkohlenlager vorzugsweise aus Treibholz, vielleicht aus sehr entfernten Gegenden stammend, entstanden sind, und daß die Flor des Festlandes unserer Längen nicht wesentlich von der jetzt lebenden verschieden war. Noch vor

[1] S. meine Abhandlung: Beiträge zur Geschichte der Pflanzen &c. Botanische Zeitung 1848. S. 122—190.

Kurzem habe ich ein entschieden der Molasseformation angehörendes Braunkohlenlager (bei Höxter an der Weser) untersucht und darin ein wirkliches antediluvianes Torflager gefunden, wie die heutigen aus Sphagnum, Eriophorum, Andromeda, den Wurzeln von Alnus, Betula, Pinus &c. bestehend. Die Zapfen der Pinus-Art sind unverkennbar solche der Pinus Pumilio und Abies excelsa heutiger Flor, neben denen ein der Abies alba ähnlicher Zapfen einer ausgestorbenen Fichte Abies brachyptera m. vorkommt. Bot. Ztg. 1858 S. 378.

Die ersten Landthierreste finden sich in der Grobkalkformation; die obere Braunkohlenformation und die Diluvialgebilde sind reich daran; der Mensch aber wurde erst nach der Vollendung des Diluvium geschaffen, und der Zeitraum seiner Existenz dürfte nur ein Augenblick sein im Vergleich zum Alter des Erdballs.

II. Vom Bestande der Felsarten.

Wenn wir Blei schmelzen und längere Zeit geschmolzen erhalten, bildet sich auf der Oberfläche der geschmolzenen Masse ein ascheähnliches Häutchen, dessen Menge sich vermehrt, je länger das Blei im Fluß erhalten wird. Der ascheähnliche Körper entsteht dadurch, daß sich der Sauerstoff der Luft mit dem Blei verbindet. Dieser Verwandlung in erdige Körper sind alle Metalle unterworfen, wenn sie sich längere Zeit mit Sauerstoff in Berührung befinden; bei den unedlen Metallen erfolgt die Verbindung rascher, bei den edlen Metallen langsamer.

Kommen solche Metallaschen oder Metalloxyde mit Säuren in Berührung, so verbinden sie sich mit ihnen zu Salzen und erhalten als solche bestimmte Krystallformen. Die Grundlage des Kalkes z. B. ist ein Metall; in Berührung mit Sauerstoff verbrennt dasselbe zu Kalkerde (im chemischen Sinne); tritt Kohlensäure oder Schwefelsäure zur Kalkerde, so bildet sich im erstern Falle Kalk, im letztern Falle Gyps. Unter Zutritt von Wasser (Krystallisationswasser) in größeren oder kleineren Massen unter sich oder mit anderen Körpern fest verbunden, nennen wir solche mechanische Verbindung einen Stein — Kalkstein, Gypsstein. Werden solche Steine durch irgend eine mechanische Ursache in feine Theile zertrümmert, oder fand ursprünglich eine Vereinigung zu festen Massen nicht statt, oder verlieren sie ihren Zusammenhang durch Verschwinden oder Veränderung eines Bindemittels, so nennt man dieß ebenfalls Erde — Kalkerde, Gypserde — aber im agronomischen Sinne.

Auch die meisten nichtmetallischen Grundstoffe gehen mit dem Sauerstoff Verbindungen ein, die Säuren genannt werden. Der Kohlenstoff liefert die Kohlensäure, der Schwefel die Schwefelsäure, der Phosphor die Phosphorsäure, Fluor die Flußsäure, Stickstoff die Salpetersäure, Kiesel die Kieselsäure, Wasserstoff das Wasser. Die Säuren bilden den zweiten Bestandtheil der Salze und gehen auf diese Weise in die Zusammensetzung der Gesteine und des Bodens ein.

So groß die Zahl der in den Mineralien verbundenen einfachen Körper ist, beschränkt sie sich doch auf wenige, wenn wir nur diejenigen berück-

sichtigen, die wegen der Allgemeinheit und Menge ihres Vorkommens in Bezug auf den Boden und auf Pflanzenleben von besonderer Wichtigkeit sind.

Unter den nichtmetallischen Grundstoffen sind es der Sauerstoff, der Wasserstoff, der Stickstoff, der Kohlenstoff, Kiesel, Chlor, Phosphor und Schwefel, unter den metallischen Grundstoffen sind es Calcium, Magnium, Aluminium, Kalium, Natrium, Eisen und Mangan, die den Hauptbestand der Gebirge und des dieselben bedeckenden Bodens bilden.

Der Sauerstoff; eine Luftart, bildet mit 11 Proc. Wasserstoff das Wasser, mit 26 Proc. Stickstoff die Salpetersäure, mit 27,65 Proc. Kohlenstoff die Kohlensäure, mit 48 Proc. Kiesel die Kieselsäure, mit 47 Proc. Chlor die Chlorsäure, mit 44 Proc. Phosphor die Phosphorsäure, mit 40 Proc. Schwefel die Schwefelsäure, mit 72 Proc. Calcium die Kalkerde, mit 61 Proc. Magnesium die Talkerde, mit 69 Proc. Aluminium die Thonerde, mit 83 Proc. Kalium das Kali, mit 74 Proc. Natrium das Natron, mit 69 Proc. Eisen das Eisenoxyd, mit 70 Procent Mangan das Manganoxyd.

Der Wasserstoff, gleichfalls eine Luftart, bildet mit 89 Proc. Sauerstoff das Wasser, mit 97,26 Proc. Chlor die Chlorwasserstoffsäure (Salzsäure), mit 17,46 Proc. Stickstoff das Ammoniak.

Der Stickstoff: der rein, im gasförmigen Zustande, mit 21 Volumprocenten oder 23,1 Gewichtprocenten Sauerstoff gemengt, die atmosphärische Luft bildet, verbindet sich in den bereits oben angeführten Verhältnissen mit Wasserstoff und mit Sauerstoff zu Ammoniak und Salpetersäure.

Der Kohlenstoff; ein nichtmetallischer fester Körper, im reinen Zustande nur als Diamant und Reißblei bekannt, fast rein in den ältesten Schwarzkohlen (Anthraciten), mehr oder weniger verunreinigt die Schwarz-, Braun- und Holzkohlen bildend, findet sich in größter Menge mit 72,35 Proc. Sauerstoff verbunden als Kohlensäure. Als solche bildet er einen ständigen Antheil der Atmosphäre (s. Seite 10). Liebig berechnete seine Menge darin auf 2800 Billionen Pfunde und meint, daß dieß mehr sei als die ganze Masse der lebenden und vorweltlichen Pflanzen betrage. Allein die obige Menge atmosphärischen Kohlenstoffs auf die ganze Erdoberfläche gleichmäßig vertheilt, würde doch nur eine Schicht von kaum einer Linie Dicke betragen, und dieß ist gewiß weniger als die Summe alles vor- und jetztweltlichen vegetabilischen Kohlenstoffs, besonders wenn man dazu die Menge des in fast allen Flöz- und Tertiärformationen verbreiteten Bitumen rechnet. Außerdem findet sich die Kohlensäure in ungeheuren Massen mit Metalloxiden verbunden. Jeder Kubikfuß kohlensaurer Kalk = 165 Pfunde enthält 73 Pfund Kohlensäure und darin 21 Pfunde reinen Kohlenstoff.

Der Kohlenstoff verbindet sich ferner mit 24,62 Proc. Wasserstoffgas zu leichtem Kohlenwasserstoffgas (Sumpfluft, schlagende Wetter, feuriger Schwaden ꝛc.) mit 14,04 Proc. Wasserstoffgas das schwere Kohlenwasserstoffgas (ölbildendes Gas) bildend.

Kiesel (Silicium) ist ein nichtmetallisches, dunkelbraunes, kohlenstoffähnliches Pulver, das in der Natur nicht rein vorkommt, in desto größeren Massen aber in Verbindung mit 52 Proc. Sauerstoff als Kieselsäure, die einen Bestandtheil der meisten Mineralien ausmacht. Die

Kieselsäure zeigt die Natur einer Säure, indem sie mit den meisten Metalloxyden sich zu kieselsauren Salzen verbindet, die Silicate genannt werden. Die Verbindungen der Kieselsäure mit der Thonerde sind am verbreitetsten als Feldspath, Thon, Lehm, Porzellanerde rc., auch die meisten Quarze müssen als Silicate betrachtet werden und selbst der Bergkrystall enthält noch Spuren von Thonerde.

Chlor: ein nichtmetallischer gasförmiger Körper, verbindet sich mit 53 Proc. Sauerstoff zu Chlorsäure, mit 2,74 Proc. Wasserstoff zu Salzsäure, außerdem wie der Sauerstoff mit den meisten der übrigen Elemente. Die Verbindung zu Salzsäure ist jedoch die einzige agronomisch wichtige, da sie mit Natron das Kochsalz, Steinsalz, bildet.

Phosphor: ein nichtmetallischer wachsähnlicher, bernsteingelber, durchscheinender, leicht entzündlicher Körper, verbindet sich mit 56 Proc. Sauerstoff zu Phosphorsäure, die besonders in Verbindung mit Kalk, Talk und Eisenoxyd einen nicht unbedeutenden Antheil des Bestandes der Gebirgsarten und Ackererden bildet, aus diesen durch die Pflanzen aufgenommen wird, mit der Pflanzennahrung in den thierischen Körper übergeht, deren Knochen vorzugsweise aus phosphorsaurem Kalk bestehen. Fleischfresser verschaffen sich den ihnen nöthigen Phosphor aus den Knochen und Knorpeln anderer Thiere. Die übrigen zahlreichen Verbindungen des Phosphor haben keine hervorstechende agronomische Bedeutung.

Schwefel: ein nichtmetallischer, fester, hellgelber, leicht brennbarer Körper bildet mit 60 Proc. Sauerstoff die Schwefelsäure, mit 5,84 Proc. Wasserstoff den Schwefelwasserstoff. Der Schwefel verbindet sich leicht mit den meisten Metallen zu Schwefelkiesen. Die Schwefelsäure bildet mit vielen Metall-Oxyden schwefelsaure Salze, von denen der schwefelsaure Kalk (Gyps) das im Boden verbreitetste ist.

Calcium: ein silberweißes Metall, verbindet sich mit 28,09 Proc. Sauerstoff zu Kalkerde (gebrannter Kalk). Kalkerde mit 43,71 Proc. Kohlensäure bildet den Kalkspath, Marmor, Kreide, Aragonit. Durch Glühen wird die Kohlensäure ausgetrieben und Kalkerde wiederhergestellt. Bergkalk, Muschelkalk, Jurakalk rc. sind die unreineren Formen des kohlensauren Kalks durch Hinzutritt von Thon, Talk, Eisen rc. Mit 58,47 Proc. Schwefelsäure bildet die Kalkerde den Gyps; Anhydrit genannt, wenn das Krystallwasser fehlt. Durch Brennen läßt sich die Schwefelsäure nicht austreiben wie beim Kalke die Kohlensäure, wohl aber das Krystallisationswasser (gebrannter Gyps). Mit Flußsäure bildet die Kalkerde den Flußspath, mit Phosphorsäure den Apatit.

Magnium: ebenfalls ein silberweißes Metall, verbindet sich mit 38,71 Proc. Sauerstoff zu Magnesia (Talkerde). Mit 65,98 Schwefelsäure bildet sie das Bittersalz, mit 51,69 Proc. Kohlensäure den Magnesit. Kohlensaure Magnesia und kohlensaurer Kalk bilden den Bitterkalk (Dolomit). Mit Kieselsäure in verschiedenen Verhältnissen verbunden kommt die Talkerde in der Natur am häufigsten vor als Gemengtheile der hornblendeartigen und augitischen Gesteine, im Serpentin, Speckstein, Meerschaum, Olivin, Pikrosmin.

Aluminium: ein silberähnliches Metall bildet mit 31 Procent

Sauerstoff die Thonerde, ein weißes geschmackloses Pulver. Am reinsten kommt letztere in der Natur als Saphir, Rubin, Korund und Schmirgel vor. Gibsit und Diaspor sind natürliche Hydrate der Thonerde; mit Flußsäure bildet sie den Topas und Pyknit; mit Schwefelsäure den Aluminit und die wesentlichsten Gemengtheile der Alaune, Alaunsteine und Alaunschiefer; mit Phosphorsäure den Wawellit. Am häufigsten und in den größten Massen kommt die Thonerde in Verbindung mit Kieselsäure (als Silicate verschiedener Zusammensetzung) vor; mehr oder weniger rein als Cyanit, Agalmatolith, Porzellanerde und Thon, in Verbindung mit kieselsaurem Kali oder Natron die Reihe der Feldspathe, in Verbindung mit kieselsaurem Kalke die Reihe der Zeolithe bildend.

Kalium: ein bläulich-weißes wachsweiches Metall, bildet mit 16,95 Proc. Sauerstoff das Kali. Mit 16 Proc. Wasser bildet letzteres das Kalihydrat (Aetzkali); mit 31,91 Proc. Kohlensäure das kohlensaure Kali, wesentlichster Bestandtheil der Potasche; mit 53,44 Proc. Salpetersäure den Salpeter. In der Natur findet es sich am häufigsten und in den verschiedensten Verhältnissen mit Kieselsäure verbunden als Bestandtheil der Kalifeldspathe.

Natrium: ein silberweißes wachshartes Metall, verbindet sich mit 25,58 Proc. Sauerstoff zu Natron; letzteres mit 22,35 Proc. Wasser zu Natronhydrat (Aetznatron). Mit 60,34 Proc. Chlor bildet das Metall Chlornatrium — Kochsalz (Seesalz, Steinsalz). Das Oxyd verbindet sich mit 56,18 Proc. Schwefelsäure zu Glaubersalz, mit 41,42 Proc. Kohlensäure zu kohlensaurem Natron. Kieselsauer findet sich das Natron im Albit oder Natronfeldspath, im Analzim, Nephelin, Eläolith, Mesotyp, Sodalith, Petalit und Spodumen.

Eisen: ein bekannter metallischer Körper, findet sich in der Natur rein als Meteoreisen, selten in Gängen des Ur- und Uebergangsgebirgs. Mit 22,77 Proc. Sauerstoff = Eisenoxydul. Dieß letztere kommt mit Kohlensäure verbunden vor: als Spatheisenstein, Sphärosiderit, Thoneisenstein; als Hydrat = Brauneisenstein. Mit 30,66 Proc. Sauerstoff = Eisenoxyd als Eisenglanz (Eisenglimmer), Rotheisenstein (Glaskopf, Blutstein), Eisenrahm, Eisenocher, rother Thoneisenstein (Röthel); mit 28,22 Proc. Sauerstoff = Eisenoxyduloxyd = Magneteisen. Mit 54,26 Proc. Schwefel bildet Eisen den Schwefelkies, Wasser-, Speer-, Strahlkies, mit 40,40 Schwefel = Magnetkies. Mit 23 Proc. Phosphor = Phosphoreisen, ein wesentlicher Bestandtheil des Raseneisensteins. Im Boden kommt das Eisen allgemein in größeren oder geringeren Mengen, theils als Oxydul, theils als Oxyd vor.

Mangan: ein grauweißes, dem Gußeisen ähnliches Metall, verbindet sich mit 22,43 Proc. Sauerstoff zu Manganoxydul, mit 30,25 Proc. Sauerstoff zu Manganoxyd, mit 36,64 Proc. Sauerstoff zu Mangansuperoxyd (Braunstein). In vielen Gebirgsarten und in den meisten Bodenarten kommt es als Oxyd und Oxydul vor, und geht von dort wie das Eisen in den pflanzlichen und thierischen Körper über.

Aus den im Vorhergehenden aufgeführten einfachen Stoffen und deren genannten nächsten Verbindungen ist nun der bei weitem größte Theil des

Erdkörpers und des denselben bedeckenden Bodens zusammengesetzt. Zwar gibt es noch eine Menge anderer einfacher Stoffe und Verbindungen, allein sie bleiben außer wesentlichem Einfluß auf das Pflanzenleben, können daher hier mit Stillschweigen übergangen werden.

Einfache Gesteine

nennen wir diejenigen Verbindungen der aufgeführten Elemente, die in sich homogene Ganze bilden und im Wesentlichen unter sich chemisch verbunden sind, insofern sie dem Erdkörper als einem Ganzen angehören und durch Menschenhände noch unverändert sind. Dahin gehören:

1) Quarz: bestehend aus Kieselerde, sehr wenig Thonerde, Eisenoxyd und Wasser. (Glasähnlich, meist ungefärbt, gibt mit dem Stahle Funken.)

2) Feldspath: 66 Kieselerde, 17 Thonerde, 17 Kali oder Natron oder Kalk. (Perlemutter- oder porzellanglänzend, fleischfarbig, grünlich, weißlich.) Der Feldspath heißt Orthoklas: bei vorherrschendem Kaligehalt; Albit: bei vorherrschendem Natrongehalt; Labrador: wenn der größte Theil des Kali- oder Natrongehaltes durch Kalk ersetzt ist.

3) Glimmer: 46 Kieselerde, 31 Thonerde, 9 Kali- oder Talkerde, 9 Eisenoxyd, das Uebrige Flußsäure und Wasser. (Blättrig, weich, metallisch-silber- oder goldglänzend.)

4) Talk: 62 Kieselerde, 1,5 Thonerde, 27 Talkerde, 3,5 Eisenoxyd und 6 Wasser. (Sehr weich, weißlich ins grünliche, fettiges Anfühlen.)

5) Augit: 54 Kieselerde, 24 kohlensaurer Kalk, 12 Talkerde, 10 Eisenoxydul. (Vorherrschend schwarz, glänzend, hart.)

6) Hornblende: 60 Kieselerde (7,5 Thonerde), 12 kohlensaurer Kalk, 28 Talkerde (19 Eisenoxydul). (Vorherrschend schwarz, glänzend hart.)

7) Dolomit: 54 kohlensaurer Kalk, 46 kohlensaurer Talk. (Weich, braust mit Säuren, weiß bis grau und gelblich grau.)

8) Gyps: schwefelsaurer Kalk. (Weich, braust nicht mit Säuren; durch starkes Glühen erdig, weiß.)

9) Kalk: kohlensaurer Kalk. (Weich, braust mit Säuren; weiß, grau, gelblichgrau.)

10) Eisen: Eisenoxyd oder Eisenoxydul (graphitgrau, rostroth).

11) Mangan: Manganoxyd oder Manganoxydul (braunroth, schwarz).

Freilich gibt es noch eine große Menge anderer einfacher Gesteine; die aufgeführten sind es aber, welche die überwiegend größte und in agronomischer Hinsicht wesentliche Masse der festen Erdrinde und des Bodens bilden.

Zusammengesetzte Gesteine, Gebirgsarten, Felsarten

heißen diejenigen Mineralien, die aus mehreren einfachen Gesteinen zusammengesetzt sind. Man rechnet zu den Felsarten aber auch diejenigen einfachen Gesteine, die, wie Kalk, Gyps, Dolomit &c. in größeren Massen, Gebirge bildend, auftreten.

Die Gebirgsarten sind es, aus deren Zertrümmerung oder Verwit-

terung der Boden sich gebildet hat. Sie sind daher nicht allein als Bodenunterlage, sondern auch insofern wichtig, als sich aus ihrem Bestande Schlüsse auf die Beschaffenheit des aus ihnen hervorgegangenen Bodens ziehen lassen, jedoch nur innerhalb gewisser Grenzen, bei der großen Verschiedenheit des quantitativen Verhältnisses der Gemengtheile, nicht allein in ein und derselben Gebirgsart, sondern häufig in ein und demselben Felsen.

Selbst wenn wir in einer Gebirgsart die Massenverhältnisse der Mengungstheile und den Bestand der letzteren aufs genaueste kennen, läßt sich aus ihnen doch nicht immer mit voller Sicherheit auf die Art und Menge der Bestandtheile des daraus hervorgegangenen Bodens schließen, indem während der Verwitterung des Gesteins oder später, einzelne auflösbare oder löslich gewordene Bestandtheile desselben, wie Kalk, Talk, Kali, Eisen dem Boden verloren gegangen sein können. Noch unsicherer sind die Schlüsse auf Fruchtbarkeit des Bodens, indem diese, abgesehen von den äußeren bedingenden Einflüssen, nicht allein von Art und Mengenverhältniß, sondern auch von der Form und Zertheilung der Bestandtheile abhängig ist. Derselbe Kieselgehalt eines Bodens, welcher in sehr feiner Zertheilung mit dem Thon einen festen bindenden Boden bildet, veranlaßt einen viel höhern Grad von Lockerheit, wenn er in Körnern als Sand vorhanden ist. Alle Versuche, die Gebirgsarten nach der Güte des aus ihnen entstehenden Bodens zu classificiren, sind daher mißglückt und werden stets mißglücken; nur innerhalb erweiterter Grenzen und nur indem man die in Deutschland vorherrschende Natur der Gebirgsarten ins Auge faßt, läßt sich eine allgemeine Charakteristik entwerfen und mag das Nachstehende als ein Versuch dieser Art betrachtet werden.

Erste Reihe der Felsarten. Gesteine, deren Hauptmasse Feldspath, Quarz und Glimmer.

1. Granit

besteht im Wesentlichen aus Feldspath, Quarz und Glimmer. Ersterer bildet meist die Hauptmasse, der Glimmer ist in geringster Menge vorhanden. Uebergänge in Gneis, Glimmerschiefer, Syenit und Diorit. Die Verwitterung schreitet meist langsam vor, um so langsamer, je mehr Quarz vorhanden ist. Die meisten Granite liefern einen Boden, der zu gleichen Theilen Thonerde und Kieselerde, mit 5—10 Proc. Eisenoxyd, 2—6 Proc. Kali enthält; der geringe Talkgehalt und der Gehalt an Kali verschwinden nicht selten gänzlich durch Auslaugung; der meist bindende Boden ist fruchtbar und für den Anbau fast aller Laubhölzer wie auch der Nadelhölzer geeignet, häufig aber sehr flachgründig, daher mehr für die Holzarten mit flacher Bewurzelung geeignet. Fichte und Rothbuche gedeihen auf ihm am besten. Manche Granite, besonders sehr grobkörnige, besitzen mitunter einen geringen Zusammenhang der einzelnen Bestandtheile und zerfallen dann in großen Massen zu Gruß, ohne daß eine eigentliche Zersetzung der einzelnen Bestandtheile stattfindet. Solche Granite liefern einen sehr unfruchtbaren Boden, indem auch die allmählig durch Verwitterung sich bildende Erdkrume in die Geröllschicht hinabgeschwemmt wird. Auf solchem Boden ist besonders die An- und Nachzucht der Bestände mit vielen Schwierig-

keiten verbunden, und kann oft nur dadurch bewirkt werden, daß man die Saaten oder Pflanzungen in platzweis aufgetragener Bodenkrume vollzieht. Später, wenn die im aufgebrachten Boden erzogenen Pflanzen so weit herangewachsen sind, daß sie mit ihren Wurzeln die Bodenkrume auf dem Grunde der Geröllschicht erreicht haben, erhalten sie einen recht freudigen Wuchs. Ist ein solcher Granit sehr reich an Feldspath, so wird der zusammengeschwemmte, sehr bindende Thonboden leicht zu einer das Wasser nicht durchlassenden Schicht und im feuchten Klima häufig die Ursache von Versumpfungen, wie z. B. auf der Höhe des Brockens.

2. Gneis.

Schichten von Feldspath und Quarz, zwischen Glimmerschichten eingeschlossen, der Feldspath größtentheils vorherrschend. Uebergänge in Granit, Glimmerschiefer, Thonschiefer. Die Verwitterung schreitet rascher vor, als die des Granits, schon in Folge des schiefrigen Gefüges. Der Boden desjenigen Gneises, in welchem der Feldspath vorherrscht, kommt dem Boden des feinkörnigen Granits gleich und zeigt mitunter noch höhere Grade der Fruchtbarkeit, schon in Folge der meist größeren Bodentiefe und der günstigen Einwirkung der geschichteten und zerklüfteten Unterlage auf die Feuchtigkeit des Bodens. Der Gneis mit starken Glimmerlagen zerfällt zwar leichter in Gruß durch Zerstörung der Glimmerschichten; die eigentliche Verwitterung, die Herausbildung einer Bodenkrume wird aber dadurch nicht wesentlich gefördert und die entstehenden Grußlager wirken auf dieselbe Weise, wie der grobkörnige lose verbundene Granit, nachtheilig auf Bodenbildung ein. Vom Granitboden unterscheidet sich der Gneisboden ferner durch einen feinkörnigeren Sand.

3. Glimmerschiefer.

Glimmer und Quarz im schiefrigen, oft blättrigen Gefüge. Der Quarz herrscht gewöhnlich, und zwar im Verhältniß wie 3 zu 2 vor. Uebergänge in Gneis, Thonschiefer, Hornblendeschiefer. Die Verwitterung des Gesteins schreitet um so rascher vor, je größer sein Glimmergehalt ist, größtentheils leichter und rascher als Granit und Gneis. Der Boden selbst ist mir unbekannt, und die Angaben der Schriftsteller über seine Eigenthümlichkeiten sind so widersprechend, daß sich denselben kaum mehr entnehmen läßt, als daß derselbe in der Güte dem Granit und Gneisboden zwar nachstehe, doch immer noch zur Anzucht edler Laubhölzer geeignet sei.

4. Thonschiefer

ist im Wesentlichen wie Granit und Gneis, aus Feldspath, Quarz und Glimmer zusammengesetzt, zu welchem meist noch ein geringer Antheil von Talk kommt. Alle Bestandtheile sind aber in hohem Grade zerkleint und so innig gemengt, daß sie das bloße Auge nicht mehr zu unterscheiden vermag. Uebergänge in Grauwacke, Glimmerschiefer, Gneis. In Folge des schiefrigen Gefüges bildet sich über dem Thonschiefer durch Wasser und Frost leicht und rasch eine Schicht loser Gesteintrümmer, die der Boden-

bildung dadurch sehr hinderlich ist, daß die sich bildende Erdkrume durch eigene Schwere und durch Regengüsse in die Tiefe der Trümmerschicht hinabgeschwemmt wird. Beim Anbau der Thonschieferhänge muß daher häufig dasselbe Kulturverfahren in Anwendung treten, dessen ich bereits beim Granit erwähnt habe. Die Verwitterung schreitet übrigens rascher als bei den vorgenannten Gebirgsarten vor. Thonschiefer mit vorherrschendem Quarzgehalt geben einen sehr fruchtbaren, trotz des bedeutenden Gehalts an Kieselerde (bis 80 Proc.) dennoch verhältnißmäßig bindenden Boden. Die Ursache liegt in der sehr feinen Zertheilung der Kieselerde. Thonschiefer mit vorherrschendem Glimmer liefert einen leichten, lockeren, ebenfalls fruchtbaren Lehmboden. Auch die kohligen Thonschieferarten liefern einen guten Boden, der aber, besonders wenn er viele Gesteinbrocken enthält, durch die Sonne in hohem Grade erwärmt wird. Da das Gestein nicht, wie der gleichfalls dunkel gefärbte Basalt, die Feuchtigkeit festzuhalten vermag, so trocknet der Boden leicht aus, indem ihm von den Gesteinbrocken die Feuchtigkeit entzogen wird. Es muß daher ein solcher Boden, besonders an Sommerhängen, sehr sorgfältig behandelt werden. Der Forstwirth hat darauf zu sehen, daß der Boden durch fortwährende Bewaldung für immer der unmittelbaren Einwirkung der Sonnenstrahlen entzogen ist, und daß durch Erhaltung oder Erzeugung einer starken Dammerdeschicht ihm die Feuchtigkeit gesichert bleibt. Thonschiefer mit vorherrschendem Feldspath und Talkgehalte liefern einen sehr bindenden Boden, der leicht Versumpfungen veranlaßt.

5. Grauwacke.

Größere oder kleinere Stücke von Quarz, Granit, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Gneis, Feldsteinporphyr, zusammengekittet durch eine sehr quarzreiche Thonschiefermasse; theils im körnigen, theils schiefrigen Gefüge (Grauwackenschiefer). Uebergänge auf der einen Seite in Thonschiefer, auf der andern in Sandstein. Verwitterung, besonders der quarzreichen körnigen Grauwacke, schwer und langsam; leichter verwittert die Grauwacke mit vorherrschenden Trümmerstücken, am leichtesten der Grauwackenschiefer. Der Boden ist gleichfalls sehr verschieden; die Grauwacke mit vorherrschendem Bindemittel und Quarztrümmern liefert einen lockern, kiesigen, wegen seiner Flachgründigkeit selten fruchtbaren Boden. Einen guten, sandigen Lehmboden, jedoch selten von großer Tiefe, liefert die körnige Grauwacke mit groben Bruchstücken; den besten und meist tiefen, bindenden Boden liefern die meisten Grauwackenschiefer.

6. Urfelsconglomerat, Conglomerat des Rothliegenden; Gneisconglomerat.

Quarz und Gesteintrümmer von Granit, Gneis, Glimmerschiefer, Thonschiefer, Hornblende 2c. in einem Teige theils thoniger, eisenschüssiger (rothes Todtliegendes), theils mergeliger, kiesiger (weißes Todtliegendes) Beschaffenheit. Uebergänge in Grauwacke, Feldstein-Porphyr und bunten Sandstein. Verwitterung, besonders der Arten mit groben Trümmern und eisenschüssigem thonigen Bindemittel, rasch und leicht; manche Arten mit vorherrschendem Bindemittel, besonders kiesiger Beschaffenheit, verwittern

ungemein schwer. Der Boden des rothen Todtliegenden ist an und für sich schwer und bindend, der meist beträchtliche Antheil unzerstörter Gesteinbrocken hebt jedoch größtentheils diesen Nachtheil, so daß der Boden mit zu den fruchtbarsten Mengungen gehören kann. Die Bodengüte wechselt jedoch sehr häufig und so auffallend, daß nicht selten innerhalb kleiner Flächen die größten Abstände hervortreten. Die harten Laubhölzer gedeihen in diesem Boden am besten, und mit ihnen habe ich ihn auch größentheils bewachsen gefunden. Unter den Nadelhölzern gedeiht die Fichte bis zum mittlern Alter trefflich, läßt aber früh im Wuchse nach und wird bald rothfaul. Birke und Kiefer sollen fast gar nicht auf diesem Boden fortkommen. Viel weniger guten Boden liefert das weiße Todtliegende, doch habe ich herrliche Weißtannenbestände über demselben gesehen.

7. Feldsteinporphyr.

Körner und Krystalle von Feldspath und Quarz, untergeordnet Glimmer, in einem thonigen Bindemittel liegend, dieß letztere vorherrschend, theils von sehr großer Härte, theils weicher bis zum Zerreiblichen. Uebergänge in rothes Todtliegendes, in Trachyte und Trapp-Porphyre. Die Verwitterungsfähigkeit hängt von der Härte des Bindemittels ab; in den harten Porphyren hält sich dieß am längsten, die Feldspathkrystalle verwittern zuerst, die Verwitterung schreitet dann sehr langsam vor. Porphyre mit weicherem Bindemittel zerfallen oft durch Frost in tiefe Geröllhaufen ohne eigentliche Verwitterung der einzelnen Bestandtheile, wodurch die Bodenbildung sehr erschwert wird (vergl. Granit und Thonschiefer). Der gebildete Boden ist größtentheils ein strenger magerer Lehmboden von gleichen Theilen Kiesel- und Thonerde, und kann zu den mittelmäßigen Bodenarten gezählt werden. Die Fichte gedeiht auf ihm am besten. In den Thälern zeigt er oft hohe Grade der Fruchtbarkeit, seltner an den Hängen.

8. Phonolith.

Klingstein, ein gleichartiges Gemenge von Feldstein und Natrolith, verwittert leicht und liefert einen fruchtbaren aus annähernd 80 Procent Kiesel- und Thonerde, 8 Proc. Kali, 10 Proc. Natron, etwas Talk, Kalk und Eisen bestehenden Boden.

9. Trachyt.

Trapp-Porphyr: eine feldspathartige Grundmasse, in der Krystalle von glasigem Feldspath liegen, verwittert sehr leicht und liefert einen äußerst fruchtbaren Boden von 66 Kieselerde, 20 Thonerde, 11—12 Kali und 3—4 Eisenoxyd.

Zweite Reihe. Gesteine, deren Hauptbestand Feldspath und Hornblende.

10. Syenit.

Labradorfeldspath und Hornblende im innigen Gemenge, entweder mit vorwaltendem Feldspath oder beide zu gleichen Theilen. Uebergänge einerseits in Granit und Porphyr, andererseits in Grünstein und Hornblende-

gestein. Die Verwitterung schreitet langsamer vor, als die des Granit und Gneis. In den Bruchstücken löst sich meist zuerst der Feldspath auf und verwandelt sich in Kaolin. Das Resultat der Zersetzung ist ein fruchtbarer, sehr eisenschüssiger Lehmboden, in welchem der Thon zum Kiesel meist in dem Verhältnisse wie 1 zu 2 steht. Dazu tritt ein bis 10 Proc. steigender Talkgehalt, 5—6 Proc. Kali und eben so viel Eisen. Ein beträchtlicher Kalkgehalt, bis 15 Proc., tritt besonders da hinzu, wo der Syenit mit Kalk wechselt, oder diesen durchsetzt. Der Boden ist daher fruchtbar, aber selten tiefgründig; dem Granitboden steht er in Güte meist etwas nach. Der Weißbuche soll er besonders zusagen.

11. Gabbro.

Ein körniges Gemenge von Labradorfeldspath und Smaragdit (Diallag), oder von dichtem Feldspath (Saussurit) mit Bronzit oder mit Schillerspath, oft mit Strahlstein verbunden und in ein serpentinähnliches Gestein übergehend, verwittert leicht und liefert einen tiefgründigen fruchtbaren Boden, der aber am Harze (Baste) wegen seiner Höhe über dem Meeresspiegel nur Fichtenbestände trägt.

12. Grünstein.

Hornblende und Albitfeldspath, die Hornblende meist vorherrschend. Sind beide Bestandtheile deutlich und körnig geschieden, so heißt das Gestein Diorit; bilden sie ein scheinbar gleichartiges und dichtes Gemenge, so nennt man das Gestein Aphanit; Aphanitporphyr: wenn in letzterem einzelne größere Hornblende oder Albitkrystalle porphyrartig eingebettet liegen; Variolit oder Blatterstein, wenn die Feldspathmassen kugelförmig eingesprengt sind. Uebergänge selten in Gneis, häufiger in Hornfels oder in Gabbro. Verwitterung so langsam wie beim Syenit, nur der sehr grobkörnige Grünstein verwittert rascher. Der Boden trägt im Ganzen den Charakter des Syenitbodens, unterscheidet sich von diesem nur durch einen etwas beträchtlichern Thongehalt und weniger Eisen, verwittert zwar langsam, ist aber sehr fruchtbar und trägt am Harz herrliche Rothbuchen, Ahorne und Fichten.

Dritte Reihe. Gesteine, deren Hauptbestand Feldspath und Augit.

13. Basalt.

Augit, Feldspath und Magneteisen im innigen Gemenge. Uebergänge in Dolerit, Wacke und Trachyt. Verwitterung, besonders des säulenförmigen Basalts, sehr langsam und nur an der Oberfläche; rascher zerfällt der körnige Basalt. Das endliche Resultat der Zersetzung ist ein ungemein fruchtbarer Boden, meist bestehend aus 40—45 Kieselerde, 14—16 Thonerde, 8 Kalkerde, wenig Talk, aber bis über 20 Proc. Eisenoxyd und etwas Natron. Trotz des geringen Thongehaltes ist der Boden dennoch verhältnißmäßig bindend durch die feine Zertheilung der Kieselerde. Zu der, den Zusammensetzungstheilen kaum entsprechenden, großen Fruchtbarkeit trägt das Verhalten des Gesteins und der dem Boden beigemengten

Gesteinbrocken wohl wesentlich bei. Das Gestein besitzt die Fähigkeit, die Dünste der Luft an sich zu ziehen und zu verdichten in hohem Grade, hält daher den Boden feucht, während die dunkle Farbe des Gesteins und Bodens die Wärme der Sonnenstrahlen entbindet und Boden wie Luft erwärmt. Der Basaltboden ist besonders den Laubhölzern günstig, die schönsten reinen Ahornbestände neben ausgezeichneten Rothbuchenorten habe ich hier gefunden; zwar ebenfalls sehr freudig wachsend, aber dennoch dem Wuchse obiger Hölzer nicht entsprechend, zeigte sich die Fichte. Den weichen Laubhölzern und der Birke soll der Boden nicht zusagen.

14. Dolerit (Graustein, Flözgrünstein).

Feldspath, Augit und Magneteisen in mehr oder weniger erkennbarem Gemenge. Feldspath und Augit meist zu gleichen Theilen. Uebergänge in Basalt und Wacke. Verwitterung viel leichter als die des Basalt. Bodenbildung und Bodenbeschaffenheit ziemlich dieselbe wie bei jenem.

15. Wacke.

Feldspath, Augit, Magneteisen, Glimmer und Hornblende im innigen Gemenge. Uebergänge in Basalt und Eisenthon. Verwitterung noch leichter wie die des Dolerit. Die Zusammensetzung des Bodens ist ziemlich dieselbe wie die des Basalts, doch ist der Eisen- und Thongehalt etwas geringer, wogegen der Gehalt an Kieselerde bis über 60 Proc. steigt. Der Boden soll ebenfalls sehr fruchtbar, besonders für die Anzucht der Laubhölzer geeignet sein.

16. Melaphyr (Augitporphyre, schwarzer Porphyr, Mandelstein zum Theil) ein undeutliches Gemenge von Augit und Feldspath, dicht und etwas krystallinisch, oft mit Mandelsteinstruktur, verwittert langsam, trägt aber am Harze (bei Ilfeld) gute Fichten- und Buchenbestände.

17. Lava.

Ein undeutliches Gemenge aus Feldspath und Augit, aus, auch jetzt noch fortdauernden Ergüssen der Vulkane entstanden, verwittert sehr schwer, liefert aber endlich einen sehr fruchtbaren Boden.

Vierte Reihe. Gesteine, deren Hauptbestandtheil Kalkerde.

18. Kalkstein (dichter Kalk).

Kohlensaurer Kalk, Thon, Kieselerde, Eisenoxydul im dichten Gemenge. Uebergänge in körnigen Kalkstein (Marmor) und in Mergel. — Verwitterung des reineren Kalksteins sehr schwer und langsam, je größer der Thon- und Eisengehalt, um so rascher; besonders trägt das, auf einer niedrigen Säurungsstufe stehende Eisen durch höhere Oxydation wesentlich zur Verwitterung des Gesteins in großen Massen bei; leichter verwittert ferner der schiefrige und vielfach zerklüftete Kalk als der massige, da er in höherem Maße von der Feuchtigkeit durchdrungen wird. Der Thongehalt des Kalksteins steigt von wenigen bis auf 20 Proc. (Mergelkalkstein) und

der Kalkboden ist um so fruchtbarer, je größer der Thongehalt. Der mitunter hohe Thongehalt des über dem Kalkgebirge lagernden Bodens (bis 30 Proc. und mehr) rührt aber selten von der Zersetzung des Kalkgesteins her; häufig ist dem Kalkgebirge eine bis ins Kleinste gehende Zerklüftung eigenthümlich, durch die es mit einer Menge von Adern durchzogen ist, welche meist mit Thonmasse ausgefüllt sind. Steigt in solchen Fällen der Thongehalt des Kalkbodens über 40 Proc., während der Eisengehalt bis unter 2 Proc. hinabsinkt, so zeigt er außerordentliche Grade der Fruchtbarkeit, und wird mit dem Namen Haselerde bezeichnet. Dieß ist stets ein- und aufgeschwemmtes Erdreich (Flözboden)[1] und nicht aus der Zersetzung des Kalks hervorgegangen. Er enthält oft, selbst in der unmittelbaren Berührung mit den Gesteinbrocken keine Spuren von Kalk. Am schönsten gedeihen auf ihm die Prunus-, Pyrus- und Sorbus-Arten. Diesen folgt die Rothbuche und Lärche, diesen Ahorne und Eschen, diesen die Fichte und Eiche. Den weichen Laubhölzern sagt er am wenigsten zu. Die Kiefer soll auf Kalkboden ein sehr brüchiges Holz machen und dort mehr als sonst von Schneedruck leiden. Je mehr im Kalkgestein der Thon- und Eisenantheil verschwindet, um so schlechter und flachgründiger wird der Boden. Der thonarme Kalkboden ist trocken und warm, verliert die Feuchtigkeit leicht durch Verdunstung, besitzt das Vermögen, die Dünste der Atmosphäre anzuziehen, nur in sehr geringem Grade, saugt die atmosphärischen Niederschläge gierig ein, backt dann zusammen und behält beim Wiederabtrocknen einen hohen Härtegrad, erweicht aber leicht durch Wiederanfeuchtung, viel leichter als Thon- und Lehmboden. Die Fruchtbarkeit solchen Bodens wird durch eine Dammerdeschicht, die ihn stets feucht erhält, abgesehen von der Fruchtbarkeit der Dammerde selbst, in hohem Grade gefördert, daher hier mit Sorgfalt für ununterbrochene Bewaldung zu sorgen ist.

19. Kreide.

Die Kreide besteht fast nur aus kohlensaurer Kalkerde; der Gehalt an Thon, Kiesel und Eisenoxyd ist wenigstens so gering, daß er keinen wesentlichen Einfluß auf Bodenbildung hat. Uebergänge in Mergel. Verwitterung langsam, doch leicht zerstörbar durch mechanische Kräfte. An und für sich ist der Kreideboden unfruchtbar und nur in sehr feuchtem Klima gedeihen die Kalkpflanzen, besonders die Prunus-Arten und die Rothbuche noch ganz gut. So tragen die Kreideberge Rügens mittelmäßig gute Rothbuchenbestände, deren minder gute Beschaffenheit mir mehr in Bestands-

[1] Ueberhaupt hat man bisher dem Proceß der Verwitterung zu viel Einfluß auf Bodenbildung zugeschrieben. Jeder Verwitterungsboden gibt sich als solcher durch das in ihm noch in allen Graden der Verwitterung bis zum feinsten Korne vorkommende Muttergestein leicht zu erkennen, während das, was ich Trümmerboden nenne, seiner Hauptmasse nach viel gleichförmiger zerkleint und in geringer Tiefe durch scharfkantige von der Verwitterung wenig oder gar nicht angegriffene Bruchstücke der unterliegenden Gebirgsart ausgezeichnet ist. Solchen Trümmerboden fand ich im Gebirge über Thonschiefer, Grauwacke, Grünstein, Porphyr, Kieselschiefer ꝛc. in Höhen, bis zu welchen das Diluvialmeer nicht angestiegen ist, mitunter in bedeutender Tiefe abgelagert. Man könnte ihn als besonderes Formationsglied der unterliegenden Gebirgsart betrachten.

als Standortsverhältnissen zu liegen scheint. Auch der Kreideboden Englands soll theilweise einen üppigen Pflanzenwuchs zeigen. Man kann aus dem verschiedenen Verhalten des Kreidebodens zum Pflanzenwuchse in der Seenähe und im Binnenlande (Champagne) wohl mit Recht den Schluß ziehen, daß der Grund seiner Unfruchtbarkeit besonders in seinem Verhalten zur Feuchtigkeit liege.

20. Kalktuff (Dukstein).

Eine lockere bis erdige, poröse Kalkmasse mit mehr oder weniger Kieselerde, Thonerde und Eisen. Verwitterung rasch und leicht. Der Boden größtentheils sehr fruchtbar, besonders der Rothbuche zusagend, trägt im Wesentlichen die Eigenschaften des Bodens aus dichtem Kalksteine; Erhaltung der Bewaldung und der Dammerde wird besonders auf Tuffboden mit geringem Thongehalte nothwendig.

21. Dolomit (Bitterkalk).

Körniger poröser Kalkstein, bestehend aus kohlensaurem Kalk mit 3—46 Proc. kohlensaurem Talk. Verwitterung leicht und rasch. Der Boden des Dolomit wird dadurch, daß das Gestein häufig Glimmer, Talk, Quarz ꝛc. einschließt, der neuere Dolomit häufig mit Thon und Gypslagern wechselt, der Vegetation, besonders harter Laubhölzer günstig; seine Bestandtheile sind meistens 40 kohlensaurer Kalk, 10 schwefelsaurer Kalk, 20—30 kohlensaurer Talk, eben so viel Thon, 8—10 Kieselerde und etwas Eisenoxyd und Manganoxydul.

22. Gyps.

Schwefelsaurer Kalk, bestehend aus 33 Kalkerde, 46 Schwefelsäure, 21 Wasser. Verwitterung sehr leicht und rasch, da das Gestein vom Regenwasser aufgelöst und ausgewaschen wird. Der reine Gyps gibt einen sehr unfruchtbaren Boden; die mit Thon gemengten Gypse (Thongyps) und reines Gestein mit Thonschichten wechselnd, bilden mitunter sehr fruchtbaren Boden, auf welchem besonders die Rothbuche und die Ahorne ganz gut gedeihen.

Fünfte Reihe. Sandsteine.

Quarzkörner von geringer Größe in einem thonigen, kalkigen, mergeligen, kiesigen, eisenschüssigen Bindemittel. Verwitterung verschieden nach Verschiedenheit und Menge des Bindemittels; mit thonigem und eisenschüssigem Bindemittel verwittern die Sandsteine am rascheften, um so rascher, je größer die Menge des Bindemittels; mit kiesigem und mergeligem Bindemittel am langsamsten. Auch die Beschaffenheit des aus den Sandsteinen hervorgehenden Bodens ist nach Art und Menge des Kitts und nach der Größe der Quarzkörner sehr verschieden.

23. Der Thonsandstein

liefert einen meist sehr fruchtbaren bindenden Thon- oder Lehmboden, dessen Thongehalt mitunter bis auf 30 Proc. steigt, besonders dann, wenn das

Gestein aus sehr feinen Quarzkörnern besteht. Bei demselben Thongehalt wird der Boden weniger bindend und thonhaltig, je gröber die Quarzkörner sind, indem alsdann die Thontheile durch Regengüsse in die Tiefe geschwemmt werden, wo sie sich anhäufen und ein das Wasser nicht durchlassendes Thonlager bilden, welches, wenn es nicht tief unter der Oberfläche des Bodens steht, häufig Veranlassung zu Versumpfungen wird. Der Boden eines feinkörnigen Thonsandsteins ist für die meisten Laubhölzer und für die Fichte ausgezeichnet gut. Besonders soll er der Eiche sehr entsprechen.

24. Der Kalksandstein.

Außer dem durch das Aufbrausen mit Säuren erkennbaren kalkigen Bindemittel des Gesteins tritt häufig noch ein beträchtlicher Gehalt an Glimmer hinzu, in welchem Falle der Boden sehr fruchtbar wird, aber alle die Nachtheile einer großen Lockerheit zeigt. Er eignet sich besonders für die Buche und Lärche; wenn er tiefgründig ist, auch für Fichte und Kiefer.

25. Der Mergelsandstein

liefert eine der fruchtbarsten Bodenmischungen, wenn das entweder thonmergelige oder kalkmergelige Bindemittel in hinreichender Menge vorhanden ist. Die Quarzkörner des Mergelsandsteins sind größtentheils fein, daher sich der Boden in seiner Mischung zu erhalten vermag. Bei gleicher Kittmenge ist der Boden lockerer, als der des Thonsandsteins, wodurch ebenfalls die Fruchtbarkeit gefördert wird.

26. Der Quarzsandstein

besteht aus einem kieselerdigen, eisenschüssigen Bindemittel zwischen feinen abgerundeten Quarzkörnern. Das Gestein verwittert sehr schwer, und der daher meist sehr flache lockere Boden ist auch durch seine Zusammensetzungstheile dem Pflanzenwuchse wenig günstig. Fichte und Birke gedeihen auf ihm noch am besten; der Kiefer ist er selten tiefgründig genug.

Den Lagerungsverhältnissen nach unterscheidet man: Quadersandstein, bunten Sandstein, Kohlensandstein ꝛc. Jede dieser Arten kann sowohl Thon-, als Kalk-, Mergel- oder Quarzsandstein sein.

Der nicht verbundenen Gebirgsarten, wie: Thon, Mergel, Sand, werde ich im Verfolg gedenken.

III. Von den Strukturverhältnissen der Gebirgsarten.

Die Felsmassen unseres Erdkörpers bilden kein zusammenhängendes Ganze, sondern sind, sowohl im Großen wie im Kleinen vielfach zerklüftet und zerspalten. Die Eigenthümlichkeiten der Gebirgsarten in dieser Hinsicht sind in so fern von wesentlichem Einfluß auf die Beschaffenheit des überliegenden Bodens und somit auf den Pflanzenwuchs, als davon, vorzüglich bei flacher Bodendecke, das Eingreifen der Pflanzenwurzeln in den Untergrund, daher die Kraft bedingt ist, mit welcher die Bäume und Bestände den Stürmen Trotz zu bieten vermögen; als ferner die Erhaltung

oder Ableitung der Bodenfeuchtigkeit, und endlich die raschere oder langsamere Verwitterung der Felsmassen davon abhängig ist.

In Bezug auf Strukturverhältnisse, so weit sie den besonderen Zweck meiner Mittheilungen betreffen, treten zunächst zwei wesentliche Verschiedenheiten zwischen neptunischen und plutonischen Gebirgsarten hervor.

Die im heißflüssigen Zustande aus dem Innern der Erde hervorbrechenden, plutonischen Ergüsse zogen sich, schon zu festen Massen erstarrt, bei zunehmender Abkühlung immer mehr zusammen, wodurch vielfältig das Gestein durchsetzende Risse und Klüfte entstanden, theils völlig regellos wie bei den Grünsteinen, Porphyren, theils in bestimmten Abständen und Richtungen wie beim Basalt, einigermaßen auch beim Granit, Syenit rc.

Die neptunischen Gebirgsarten haben sich großentheils nicht plötzlich aus dem Wasser niedergeschlagen, sondern allmählig und schichtenweise. Bei dieser Ablagerung wechselten nicht selten die Bestandtheile des Niederschlags mannigfaltig ab. Durch diesen Wechsel des Bestandes erhielten sich die einzelnen Schichtungen im Kleinen wie im Großen bis heute erkennbar. Eine Trennung derselben, oft bis ins Kleinste gehend, erfolgte, als das Sediment-Gestein, aus dem Meere emporgehoben, abtrocknete, in Folge dessen die gleichzeitig niedergeschlagenen Gebirgstheile sich in vertikaler Richtung zusammenzogen. Es entstand dadurch die Schieferung wie sie der Thonschiefer, aber auch viele Kalke ausgezeichnet zeigen. Aber auch in horizontaler Richtung fand ein Zusammenziehen der Masse beim Entweichen des Wassers statt. Es entstanden dadurch senkrechte Klüfte, wie wir das noch heute an jeder austrocknenden Pfütze beobachten. Spätere Ueberschwemmungen haben dann nicht selten die, zwischen dem Gestein entstandenen Schichtenräume und Klüfte mit Trümmern anderer Gebirgsarten, wie Sand, Lehm, Thon rc. ausgefüllt, durch welche die Tiefgründigkeit des Bodens häufig ersetzt wird.

Ursprünglich mußten alle Sedimentgesteine eine horizontale Lage haben; erst später auftretende Kräfte, theils bis zum Ueberwerfen gesteigerte Hebungen, theils Einsenkungen der gebildeten Schichten veranlassend, änderten die ursprüngliche Lage der Schichten wesentlich, so daß wir diese gegenwärtig eben so häufig in geneigter, oft sogar senkrechter Stellung als in der ursprünglich wagerechten Lage vorfinden.

S e n k r e c h t e S c h i c h t u n g und Zerklüftung der Felsen ist dem Wuchse, besonders derjenigen Hölzer am günstigsten, welche ihre Wurzeln in die Tiefe senden. Selbst Holzarten mit flachlaufender Bewurzelung ziehen daraus Vortheil, indem sie feinere Wurzelstränge in senkrechter Richtung, zwischen den Gesteinspalten in die Tiefe senden. Auf dem Boden eines über 20 Meter tiefen Kalksteinbruches sah ich feine Wurzelstränge des über dem Bruche wachsenden Buchenbestandes, in den mit bindendem Thon gefüllten Gesteinspalten verbreitet. Zieht man in Betracht, daß die atmosphärischen Niederschläge im Hinabsinken in die Bodentiefe immer mehr mineralische Lösungen in sich aufnehmen und den Wurzeln zur Aufnahme darbieten, so wird man erkennen: daß die Aufnahme von Bodenwasser aus großer Tiefe überall einen günstigen Einfluß auf die Vegetation ausüben muß, wo sie nicht auf ein unterirdisches Becken stagnirenden Wassers stoßen.

Schräge Schichtung der Felsmassen muß da, wo das Gestein von keiner starken Erdschicht bedeckt ist, an entgegengesetzten Bergseiten eine ganz verschiedene Einwirkung auf den Pflanzenwuchs äußern. Diejenige Bergwand, von welcher aus sich die Schichten senken, wirkt auf den Pflanzenwuchs eben so günstig ein, als die senkrechte Richtung. Die entgegengesetzte Bergwand ist für alle Holzpflanzen, für die mit tiefgehender wie für solche mit flacher Wurzelverbreitung die ungünstigste, indem den Wurzeln überall die Gesteinfläche entgegentritt, deren Verbreitung daher hier allein auf die Bodenkrume beschränkt ist.

Wagerechte Richtung ist dem Wuchse der Holzpflanzen größtentheils ungünstig; immer auf Bergebenen und für Holzarten mit tiefgehender Bewurzelung; an Bergabhängen hingegen kann sie den Wuchs der Holzarten mit flacher Bewurzelung mehr begünstigen als die senkrechte Schichtung. Reichliche Zerklüftung der Schichten hebt die Nachtheile der wagerechten Schichtung.

Eine nähere Beachtung dieser Verhältnisse wird in vielen Fällen die Ursache des oft so sehr verschiedenen Pflanzenwuchses auf entgegengesetzten Berghängen zu erkennen geben; sie sind für den Gebirgsforstwirth von größerer Bedeutung, als dieß auf den ersten Blick scheinen mag, indem von ihnen nicht allein der Umfang des Ernährungsraumes, die Menge und Nachhaltigkeit der Bodenfeuchte, sondern auch die feste Haltung der Bäume abhängig ist.

Aber nicht allein die Schichtungsverhältnisse der felsigen Bodenunterlage äußern einen wesentlichen Einfluß auf Boden- und Pflanzenwuchs; in gleichem Grade beachtenswerth ist zweitens der Bestand derselben, je nachdem er geeignet ist, dem bedeckenden Boden seine Feuchtigkeit zu erhalten, oder dieselbe abzuleiten und in die Tiefe zu führen. Die Eigenthümlichkeit der Gesteine in dieser Hinsicht beruht theils in der Verschiedenheit ihrer Struktur, theils in der Verschiedenheit ihrer Bestandtheile.

Massige Felsen leiten die Feuchtigkeit weniger ab, als geschichtete oder zerklüftete Felsen; derbe, krystallinische Gebirgsarten weniger als schiefrige und zusammengekittete; feste Gesteine weniger als verwitterte; wagerechte Schichtung, schiefrige Gebirgsmasse erhält dem Boden die Feuchtigkeit länger, als jede andere Richtung.

Die Eigenthümlichkeit eines Gebirges in dieser Hinsicht kann, je nach Verschiedenheit des deckenden Bodens, günstig oder ungünstig sein. Empfängt ein Boden nicht mehr Feuchtigkeit als zur Herstellung und Erhaltung eines den Pflanzen günstigen Feuchtegrades erforderlich ist, so wird eine ableitende Unterlage nachtheilig wirken, die unter anderen Verhältnissen bei überschüssig zufließender Feuchtigkeit wohlthätig ist. Eine die Feuchtigkeit nicht aufnehmende Gebirgsart kann aber auch auf Trockenheit des Bodens einwirken, wenn der letztere nämlich so flach und der Sonne oder dem Luftwechsel so ausgesetzt ist, daß er die ihm zufließende Feuchtigkeit rasch verdunstet. Felsarten, die das Wasser aufnehmen, können in solchen Fällen günstig wirken, indem sie die eingesogene Feuchtigkeit an den rasch austrocknenden Boden wieder abgeben. Die Wirkung ein und desselben Gesteins ist ferner verschieden nach Verschiedenheit der Bodentiefe; mit wenig Bodenkrume bedeckt,

wird ein undurchlassendes Lager Versumpfungen veranlassen, während es unter einer stärkeren Bodenschicht dieser den günstigen Feuchtigkeitsgrad ertheilt.

Wir erkennen drittens einen wesentlichen Einfluß der Bodenunterlage auf Boden und Pflanzenwuchs in der äußeren Gestalt derselben, in der Lage und Neigung der Gebirgsmassen.

Je gebirgiger, unebener die Bodenunterlage und mit ihr der Boden selbst ist, um so größer ist dessen Oberfläche im Verhältniß zur Grundfläche, um so mehr Berührungspunkte bietet der Boden dem Lichte und der Luft, um so größer ist auf derselben Grundfläche der Ernährungsraum der Gewächse in der Luft, um so größer die Menge der den Gewächsen zufließenden Luftnahrung. Da nun, wie ich erwiesen habe (vergl. Seite 16), die Holzpflanze in weit höherem Grade sich aus der Luft, als aus dem Boden ernährt, der Boden vorzugsweise als Feuchtigkeitsmagazin und durch Befruchtung der Luft auf die Pflanzenernährung einwirkt, so muß eine geneigte Fläche mehr Holzmasse erzeugen als eine Ebene, beide von gleicher Grundflächenausdehnung, um so mehr, da auch der Ernährungsraum im Boden auf der geneigten Fläche ein größerer ist.

Da die Insolation einer gebirgigen Oertlichkeit stets die ihrer Grundfläche ist, muß die durchschnittliche Oberflächenerwärmung eine um so geringere sein als die Außenfläche eine größere im Verhältniß zur Grundfläche ist, abgesehen von dem modificirenden Einfluß verschiedener Expositionen.

Die Lage und Neigung der Unterlage hat ferner einen wesentlichen Einfluß auf Bodenbildung. Bei einer Neigung von mehr als 40 Graden sind die Felsen von Erde und Rasen entblößt, nur Flechten und Moose haften an der steilen Felswand; die durch Verwitterung aus dem Felsen gebildete Erdkrume vermag sich nicht zu erhalten, und sinkt allein schon durch ihre Schwere in das Thal hinab, oder sammelt sich über Unebenheiten und in Spaltungen der Felswände. Hier siedeln sich dann zuerst die höher gebildeten Pflanzen an, und wir sehen Berghänge horstweise mit Holzpflanzen bewachsen, die so steil sind, daß sich an ihnen keine Grasnarbe zu bilden vermag. Ohne Holzwuchs bildet sich eine Grasnarbe erst bei einer Neigung von weniger als 30 Graden; der unbenarbte Boden des Ackerlandes vermag sich nur bei weniger als 20 Grad Neigung zu erhalten, und selbst bei 15 Grad wird durch Regengüsse noch viel des unbenarbten Bodens in die Thäler geschwemmt, so daß man nur selten Ackerstücke findet, deren Neigungswinkel 10 Grad übersteigt. Der Baumwuchs in ununterbrochenen Beständen geht gewöhnlich nicht über 30 Grade hinaus. Eine Neigung von 5 Graden ist für Chausseen und Landstraßen schon ungünstig; die steilsten Fahrwege übersteigen selten 15 Grad Neigung. Je geringer der Neigungswinkel, um so mehr wird die Bodenbildung gefördert; in Thälern vermehrt sich die Bodenkrume noch bedeutend durch die, von den benachbarten Bergen durch Regengüsse abgeschwemmte Erde, um so mehr, je steiler die benachbarten Hänge sind.

Senkrecht nennt man einen Berghang von 80—90 Graden, bei 40—80° jäh, bei 25—40° abschüssig, bei 15—25° steil, bei 10 bis 15° lehn, bei 5—10° ansteigend, unter 5° geneigt.

Ein steiler Abhang läßt sich ohne Hülfsmittel nur schwierig besteigen, ein lehner Berg erscheint dem Auge schon sehr steil.

Durch kein Mittel wird die Bodenbildung an Gebirgshängen mehr befördert, als durch sorgfältige Erhaltung der Bewaldung. Der Forstmann muß daher bei Bewirthschaftung der Berghänge, bei der Wahl der Betriebsweisen und bei der Verjüngung der Bestände besonders sorgfältig zu Werke gehen. Unvorsichtige Entwaldung steiler Berghänge kann diese für immer zum Wiederanbau unfähig machen, wenigstens große Kulturkosten herbeiführen, und den Ertrag sehr lange hinaussetzen. An solchen Hängen, und wenn sich der Verjüngung durch natürliche Besaamung erfahrungsmäßig große Schwierigkeiten entgegenstellen, ist die Plänterwirthschaft oder auch der Mittelwaldbetrieb mit vielem Oberholze an seiner Stelle. Betrieb mit Weidevieh ist hier sehr nachtheilig.

Viertens bestimmt die Tiefe der Bodenunterlage den unterirdischen Ernährungsraum der Holzpflanzen und äußert auch dadurch einen wesentlichen Einfluß auf das Gedeihen derselben. Unsere Waldbaumhölzer besitzen eine sehr verschiedene Wurzelbildung. Die Wurzeln der Kiefer, Eiche rc. gehen in die Tiefe, die der Buche, Fichte rc. verbreiten sich mehr in der Oberfläche des Bodens (vergl. die besondere Naturgeschichte der Holzpflanzen). Erstere verlangen daher zu ihrem freudigen Gedeihen einen tieferen Boden, letztere begnügen sich mit einer geringeren Tiefgründigkeit. Wir sehen erstere auf flachem Boden kümmerlich wachsen und in geringem Alter absterben, während letztere bis ins hohe Alter einen freudigen Wuchs zeigen.

Aber auch bei ein und derselben Holzart, ihre Wurzelbildung bei ungehinderter Entwicklung mag von einer oder der anderen Art sein, hat die Bodentiefe einen wesentlichen Einfluß auf Bestand und Ertrag, indem von ihr, wenigstens theilweise, der dichte Stand der Holzpflanzen abhängig ist. Wie einem tiefen Ackerboden ein weit dichterer Stand der Getreide- und der Futterpflanzen eigenthümlich ist als dem flachgründigern, so ist auch dem tiefen Waldboden eine größere Stammzahl, dichterer Bestand und Schluß eigen, aus dem sehr einfachen Grunde, weil die Wurzeln, selbst der Holzarten mit flacher Bewurzelung in die Tiefe gedrängt werden und sich nicht in dem Grade gegenseitig behindern, als wenn sie durch Flachgründigkeit auf die wagerechte Ausbreitung beschränkt werden. Daher stellen sich auf flachem Boden die Bestände weit früher licht, sind daher lange nicht so für die Erzeugung langschäftiger Bauhölzer geeignet, als die gedrängteren Bestände des tiefen Bodens. Besonders zu berücksichtigen ist dieß bei der Wahl der anzubauenden Holzarten und beim Kulturbetriebe.

Der nachtheilige Einfluß flachgründigen Bodens auf Holzarten mit tiefgehender Bewurzelung tritt um so schärfer hervor, je älter die Bäume werden, je größeren Raum sie mit zunehmendem Wachsthum zur Wurzelausbreitung bedürfen. Auf flachem Boden muß daher der Umtrieb der Wälder ein kürzerer sein, als auf tiefgründigem Boden. Dieselbe Holzart im Niederwaldbetriebe behandelt, kann da noch einen hohen Ertrag gewähren, wo sie im Hochwalde nur kümmerlich wächst.

Ein flacher Boden wirkt um so weniger nachtheilig, je mehr die ihn bedeckende Holzart geeignet ist, ihre Nahrungsstoffe der Luft zu entnehmen.

Buche, Fichte und Kiefer stehen hierin allen andern Holzarten voran, und wenn die letztere dem flachen Boden abhold ist, so liegt dieß allein in ihrer Wurzelbildung. Da eine Holzart um so mehr geeignet ist, die Nahrungsstoffe der Luft aufzunehmen, je größer ihre Belaubung ist, so müssen wir auf flachem Boden die Bestände in thunlichst freiem Stande erziehen, um sie vom Boden möglichst unabhängig zu machen; ist jedoch der flache Boden dem raschen Austrocknen sehr unterworfen, so darf die Freistellung nicht weit über Unterbrechung des Kronenschlusses hinausgehen. Flachgründigkeit wirkt auch da weniger nachtheilig, wo die Luft dauernd und reichlich mit Nahrungsstoffen und Feuchtigkeit geschwängert ist: unter feuchtem Klima in zusammenhängenden Waldungen 2c.

IV. Von den Gebirgsformen.

Theils als Träger des gebildeten Bodens, theils als Bodenbilder äußert das feste Gestein auch durch die Form seiner Oberfläche einen beachtenswerthen Einfluß auf den Boden, insofern ebene und wellige Oberflächen die Bodenbildung und die Lage des gebildeten Bodens fördern, schroffe und zerrissene Gebirgsformen ihnen entgegenstehen. Es übt aber auch einen beachtenswerthen Einfluß auf die Massenerzeugung geschlossener Bestände, insofern die größere Oberfläche welligen oder geneigten Bodens dem Pflanzenwuchse einen größeren Ernährungsraum, im Boden sowohl als in der Atmosphäre darbietet, demzufolge dann auch die Pflanzenzahl der geneigten Fläche in der That eine größere sein kann, als die der entsprechenden Grundfläche. Endlich hat die Gebirgsform auch einen nicht unerheblichen Einfluß auf die Erhaltung oder Ableitung der Feuchtigkeit des Bodens.

Eine andere Frage ist es, ob und in wie weit man den verschiedenen Gebirgsarten eigenthümliche Formcharaktere äußerer Gestaltung zuschreiben könne. Es ist das vielfach geschehen. Wenn man dem Granit wellige Gebirgsformen, dem Porphyr und Quarz schroffe und zerrissene Formen zuschreibt, so mag dieß im Großen ganz wahr sein; Ausnahmen hiervon sind aber so häufig, daß sich eine allgemeine Beziehung zur Bodenkunde darauf schwerlich gründen läßt. Es hängt die äußere Form vielmehr von der Masse des Hebenden und des Gehobenen und von der Kraft der Hebung, als vom Material des Hebenden oder Gehobenen ab. Schon innerhalb der engen Grenzen des Harzes zeigen gleiche Gebirgsarten hierin die größten Verschiedenheiten.

Zweites Kapitel.

Vom Boden.

I. Von der Entstehung des Bodens.

Der die feste Erdrinde bedeckende Boden ist vierfachen Ursprungs. Ein Theil desselben gehört einer frühen Bildungsperiode, besonders dem Flözgebirge an. Wir sehen nämlich zwischen den felsigen Schichtungen der

Flözperiode häufig mehr oder minder mächtige Lager von erdigem Thon, Mergel, Sand auftreten. Diese Schichtungen bilden nicht selten die oberste Lage der Formation, gehen in mehr oder minder ausgebreiteten Flächen zu Tage, ohne daß man sagen kann, die Schichtung gehöre der letzten Bildungsperiode, dem aufgeschwemmten Gebirge an. Solchen Boden, der besonders häufig über jüngeren Kalkgebirgen auftritt, wollen wir mit dem Ausdruck: Flözboden bezeichnen.

Ein größerer Theil des Erdbodens verdankt den letzten großen Umwälzungen unserer Erdrinde sein Entstehen; er ist wie der Flözboden, an und für sich Boden und zugleich Gebirgsformation, die letzte der genannten, aufgeschwemmtes Land; ausgezeichnet durch die gänzlich mangelnde oder nur geringe Verbindung der Gesteintheile zu festen zusammenhängenden Massen; Ablagerungen von Sand, Lehm, Thon, Mergel, Geschiebe und Gerölle verschiedenartiger Felstrümmer. Diesen Boden finden wir nicht allein in den großen meeresgleichen Niederungen, z. B. des nördlichen Deutschlands, sondern auch in den Becken und größeren Thälern der Gebirgsländer, sowie in den Flußniederungen derselben verbreitet. Man kann ihn mit dem Namen Diluvialboden bezeichnen; in den meisten Fällen ist es Meeresboden, d. h. der Grund ehemaliger, auch nach der letzten Ueberschwemmung noch eine Zeit lang zurückgebliebener großer Wassermassen.

In ähnlicher Weise, wie jener aus den Urwassern abgeschiedene Boden, bildete sich auch später und bildet sich noch gegenwärtig ein aufgeschwemmter Boden durch Auf- und Anspielungen an Meeresufern und Flußmündungen, sowie durch Absatz aus stehenden Wassern. Man nennt solchen Boden, zum Unterschiede vom Diluvium: Alluvialboden.

Ein letzter Theil des Erdbodens hat sich erst nach den letzten Erdumwälzungen, ohne Beihülfe der versetzenden Kraft des Wassers, allein durch Verwitterung des Gesteins der früher nackten Felsen über diesen gebildet. Wir nennen ihn Verwitterungsboden, in den meisten Fällen ist es Gebirgsboden. Nur von der Entstehung dieses letzteren ist hier weiter die Rede.

Die Bodenbildung durch Verwitterung wird theils durch chemische, theils durch mechanische Kräfte gefördert.

Chemische Zersetzung erleidet der Fels durch Einwirkung des Sauerstoffs, der Kohlensäure und des Wassergehaltes der Luft, wenn diese Stoffe mit den verschiedenartigen Bestandtheilen der Gesteine in Berührung kommen, in chemische Verbindung mit ihnen treten, dadurch ihre Natur verändern und die frühere innige Verbindung der Gesteintheile lösen.

Der Sauerstoff wirkt vorzugsweise auf den Gehalt der Gesteine an Metallen, indem er diese auf eine höhere Säuerungsstufe erhebt; unter Hinzutritt der Feuchtigkeit bilden sich Metalloxydhydrate (Verbindungen der Metalle mit Sauerstoff und Wasser), worauf, nicht allein durch die Veränderung des Bestandes selbst, sondern auch durch die damit verbundene Volumerweiterung der veränderten Metalle, der frühere innige Zusammenhang dieser mit den übrigen Gesteintheilen zerstört wird.

Die Kohlensäure der Luft und des Bodens wirkt dadurch auf die Zerstörung der Gesteine ein, daß sie dieselben in Verbindung mit

Feuchtigkeit als kohlensaures Wasser durchdringt, den Kalk- und Talk-, Kali- und Natrongehalt derselben in einen löslichen Zustand versetzt und dem Gestein diese Bestandtheile entführt.

Das Wasser selbst wirkt durch Hydratbildung auf Lösung der Bestandtheile ein.

Eine wichtigere Rolle als die chemischen spielen die mechanischen Kräfte bei der Verwitterung der Gesteine. Das Wasser wirkt nicht allein durch Auslaugen der, vermittelst chemischer Kräfte in einen löslichen Zustand versetzten und der, an und für sich löslichen Gesteintheile; es zerstört vorzugsweise durch seine Verwandlung zu Eis und der damit verbundenen Ausdehnung. Wie ein mit Wasser gefülltes verschlossenes Gefäß beim Gefrieren des Wassers gesprengt wird, so treibt auch die im Steine enthaltene Feuchtigkeit beim Gefrieren die Steintheile auseinander und zerstört den Zusammenhang.

Ist auf diese Weise die äußere Gesteinschicht gelockert, vermag sie in Folge dessen eine größere Menge von Feuchtigkeit aufzunehmen, so treten zu den mechanischen und chemischen Kräften noch organische Kräfte hinzu; es siedeln sich auf dem Gestein zuerst Flechten von mehr als hundertjähriger Lebensdauer, dann Moose an, es bildet sich ein Ueberzug niederer Pflanzen, durch welchen das Vorschreiten der Zerstörung in Folge der verringerten Verdunstung, des erhöhten Feuchtigkeitsgrades und durch die in die feinsten Oeffnungen eindringenden Pflanzenwurzeln beschleunigt wird. Unter der Pflanzendecke bildet sich durch das Zerfallen des Gesteins Bodenkrume, gemengt mit den Ueberresten der abgestorbenen Pflanzen, in welchen nun schon höher gebildete Gewächse, Gräser und Kräuter, endlich Gesträuch und Bäume Haltung und Feuchtigkeit finden. Die Wurzeln der höher gebildeten Pflanzen dringen mit ihren feinsten Fasern in die Gesteinspalten und fördern die Zerstörung des Gesteins dadurch, daß sie durch vorschreitendes Wachsthum die Spalten erweitern, auseinanderdrängen.

Der auf diese Weise in einer Reihe von Jahrhunderten gebildete Verwitterungsboden bleibt nun entweder auf der Stelle, wo er sich bildete, liegen; wir nennen ihn dann Gebirgsboden, oder er wird durch eigene Schwere, durch Winde oder durch Regengüsse von den Gebirgshängen ins Thal geführt, und sammelt sich hier zu mehr oder minder mächtigen Schichten: Thalboden, oder er wird von Gebirgsgewässern dem Thale entführt und oft erst in weiter Ferne von seinem Entstehungsorte abgesetzt: Flußboden.

Wir erkennen hieraus, daß es vorzugsweise der Pflanzenwuchs ist, welcher die Herausbildung einer tragbaren Bodenkrume über dem verwitternden Gestein vollendet, daß es besonders die Holzpflanzen sind, welche hierauf mächtig hinwirken, indem sie nicht allein die Bodenbildung fördern, sondern auch ebenso durch ihre Bewurzelung als durch ihren Laubschirm den gebildeten Boden festhalten und in höherem Grade als alle übrigen Gewächse durch den reichlichen Blatt- und Reiserabfall zu befruchten vermögen. Eine sorgfältige Bewirthschaftung der Gebirgshänge ist daher in doppelter Hinsicht wichtig, nicht allein um der bewaldeten Fläche den höchstmöglichen Ertrag abzugewinnen, sondern auch um die tragbare Oberfläche

des Landes überhaupt zu erhalten und zu erweitern. Wenn es höchste Aufgabe der Forstwirthschaft ist, den Ertrag der Wälder zu erhöhen, so gehört dahin nicht minder die Gewinnung bisher ertragloser Flächen für die Erzeugung nutzbarer Gewächse.

II. Von den Bestandtheilen des Bodens.

Die Stoffe, aus denen die Bodenkrume zusammengesetzt ist, sind theils erdiger, salziger und metallischer Natur, theils sind es minder beständige Ueberreste abgestorbener Pflanzen und Thiere, Wasser und Luft. Wir wollen diese Bestandtheile einzeln, der Reihe nach näher betrachten.

A. Von den mineralischen Bestandtheilen des Bodens.

Die mineralischen Bestandtheile des Bodens, und unter diesen die Erden, bilden in den meisten Fällen die Hauptmasse der Bodenkrume. Von ihrer Menge, Art, Beschaffenheit und Mengungsverhältniß ist die Natur des Bodens und dessen Einfluß auf Pflanzenwuchs in hohem Maße abhängig. Ich bin allerdings der Ansicht, daß es uns nie gelingen wird, aus der Untersuchung der Bodenbestandtheile eine sichere Ansicht zu gewinnen über die einer gewissen Bodenart zusagende Holzart, noch weniger über den Fruchtbarkeitsgrad des Bodens in Bezug auf sie, und zwar aus dem einfachen Grunde, weil auf die Bodengüte, oder richtiger auf die Standortsgüte, außer der Bodenbeschaffenheit eine große Menge von Faktoren einwirken, die unserer Forschung sich entweder ganz entziehen oder in Raum und Zeit so veränderlich sind, daß deren Erforschung praktisch unausführbar ist; damit will ich aber nicht gesagt haben, daß der mineralische Bestand des Bodens nicht von wesentlichem Einfluß sei auf Verschiedenartigkeit und Gedeihen des Pflanzenwuchses. Wir wollen daher zuerst die Eigenschaften der verschiedenen Einzeltheile näher betrachten.

1. Erden.

Den Hauptbestand des Bodens bildet die Kiesel-, Thon-, Kalk- und Talkerde. Alle übrigen Erden sind ihrer Menge nach so untergeordnet, daß sie in der forstlichen Bodenkunde keine weitere Beachtung verdienen.

a. Die Kieselerde

findet sich im Boden in dreifacher Form; theils in chemischer Verbindung mit der Thonerde als Thon, theils in einem sehr fein zertheilten Zustande als Kieselstaub, endlich in größeren oder kleineren Quarzkörnern und Krystallen als Sand, Grand, Gruß, größtentheils in Verbindung mit Wasser, wenig Thon, mit Eisen oder Humussäure. Je klarer der Sand des Bodens, um so freier sind die Körner von Beimischung; eine milchweiße Farbe erhält er häufig durch anhängende Kalktheile, eine röthliche Farbe durch Eisen- und Manganoxyde, eine dunkle schwärzliche Farbe durch Humustheile, die mit der Oberfläche der Quarzkörner innig, wahrscheinlich chemisch verbunden sind.

Die Kieselerde des Bodens zeigt sich unter allen Bestandtheilen desselben am wenigsten veränderlich, da sie im Wasser nicht löslich ist und auch vom Sauerstoff der Luft nicht angegriffen wird. Trotzdem findet sich die Kieselerde fast in allen Quellwassern, besonders reichlich in den heißen Quellen. Die Auflösung wird wahrscheinlich durch kohlensaures Wasser und dessen chemische Einwirkung auf die verschiedenen Silicate vermittelt. In diesem aufgelösten Zustande wird die Kieselerde in nicht geringen Mengen von den Wurzeln der Pflanzen aus dem Boden aufgesogen. Besonders groß ist der Kieselgehalt in den Halmen der Gräser. Aber auch die Holzpflanzen nehmen Kieselerde auf. Saussure fand in der Asche der Eichenblätter im Frühjahre 3 Proc., im Herbste 14$^1/_2$ Proc., im Holze 2 Proc., im Splinte 7$^1/_2$ Proc. des Aschengewichts.

Unter allen Bestandtheilen des Bodens hat die Kieselerde im körnigen Zustande die geringsten Grade des Zusammenhangs, und ist daher eines der vorzüglichsten Lockerungsmittel des Bodens. Sie begünstigt bei einer durch stärkere Bedeckung gesicherten Feuchtigkeit die Keimung und fördert die Wurzelbildung und Verbreitung der Wurzeln. Im fein zertheilten staubigen Zustande wirkt sie weniger auf Lockerheit des Bodens und eine geringe Thonmenge vermag solchem Boden einen hohen Grad des Zusammenhangs zu geben. Ist der Gehalt eines Bodens an körniger Kieselerde zu groß, so wird der Boden zu locker, nimmt zu viel Luft zwischen sich auf, ist einem zu großen Luftwechsel unterworfen, wodurch die Feuchtigkeit sich nicht zu erhalten vermag, indem sie entweder zu rasch verdunstet oder in die Tiefe sinkt, oder auch vom Boden gar nicht angenommen wird, wie wir dieß nach einem Regen auf Sandboden sehen, in welchen, in Folge der großen Luftmenge im Boden, die Feuchtigkeit entweder gar nicht einzieht oder nur die äußerste Schicht benetzt. Es hat das ferner zur Folge, daß die im Boden befindliche Humusmenge sehr rasch zersetzt wird. Besonders hierin liegt die große Unfruchtbarkeit des reinen Sandbodens, so nothwendig die Kieselerde als Beimengung zu andern Erdarten ist.

Auch in ihrem Verhalten zur Feuchtigkeit nimmt die Kieselerde die letzte Stelle unter den verschiedenen Erdarten ein. Das Wasser zertheilt sich nicht fein, sondern bleibt im flüssigen Zustande zwischen den Sandkörnern, nur deren Oberfläche befeuchtend, daher vermag der Sand auch viel weniger Feuchtigkeit aufzunehmen, wie jede andere Erdart, nur $^1/_3$ der Wassermenge, die der Thon aufnimmt, ohne dadurch naß zu werden. Ebenso verliert der Sand die aufgenommene Feuchtigkeit am rascheſten, beinahe dreimal so rasch wie der Thon. Auch diese Eigenschaft wirkt wohlthätig auf Bodenbeschaffenheit ein, wenn der Sand nur als Gemengtheil anderer Bodenarten in einem günstigen Mengungsverhältniß auftritt, indem er dann die zu hohen Feuchtigkeitsgrade des Bodens mildert; sehr nachtheilig wird sie aber in dem Boden mit überwiegendem Kieselgehalte, die Trockenheit desselben veranlassend, um so mehr als der Sand unter allen Erdarten diejenige ist, welche das Vermögen, die Dünste der Luft anzuziehen, im geringsten Grade besitzt, daher nur durch wirkliche Niederschläge der Luftfeuchtigkeit befeuchtet wird.

Gebunden an das Verhalten der Erdart zur Feuchtigkeit ist ihr Ver-

halten zum Sauerstoff der Luft, daher dann dem Sand auch die Eigenschaft, den Sauerstoff anzuziehen, unter allen Erdarten am wenigsten zusteht, eine in jedem Falle nachtheilige Eigenschaft.

Endlich haben wir noch einer Eigenschaft des kieselreichen Bodens zu erwähnen: der langsamen Wiederabkühlung desselben. Die Erwärmbarkeit des Sandbodens durch Einwirkung der Sonne ist ziemlich dieselbe wie die aller übrigen Erdarten, nur die dunkel gefärbten Bodenarten werden von der Sonne in höherem Grade erwärmt, und zu diesen gehört der Sandboden in der Regel nicht; dahingegen hält er die empfangene Wärme viel länger fest, so daß z. B. Thonboden in zwei Stunden eben so viel Wärme verliert als Sandboden in drei Stunden. Die Ursache liegt in der glatten glänzenden Oberfläche der Quarzkörner, indem Körper mit rauher Oberfläche mehr und rascher die Wärme durch Wärmestrahlung verlieren als glatte Flächen.

Das specifische Gewicht des Sandes ist = 2,65.

b. Die Thonerde.

Der reine Thon ist eine chemische Verbindung von Alaunerde und Kieselerde in verschiedenen Verhältnissen. Berzelius unterscheidet drei Thonsilicate:

1tes Silicat	48,15	Kieselerde,	51,85	Alaunerde.
2tes „	65,00	„	35,00	„
3tes „	73,58	„	26,42	„

Tritt zu dem Thonsilicat eine größere oder geringere Menge freier, staubartiger oder körniger Kieselerde und Eisen, so heißt das Gemenge Lehm. Man unterscheidet nach dem Gehalte des Thons an Kieselerde fünf verschiedene Arten von Lehm:

1) mit dreifachem Kieselthon	= 76	Thonsilicat	und	24	Kieselerde
2) mit zweifachem „	= 68	„	„	32	„
3) gleichatomiger Lehm	= 52	„	„	42	„
4) mit zweifachem Thonkiesel	= 35	„	„	65	„
5) mit dreifachem „	= 26	„	„	74	„

an den Lehm mit dreifachem Thonkiesel schließt sich dann durch Vermehrung des Sandgehalts unmittelbar der lehmige Sandboden an. Eine Beimengung von 5—10 Proc. Eisenoxyd gibt dem Gemenge eigentlich erst den Namen Lehm; ohne diese stellt es die unreineren Töpferthone dar.

Der Thon des Bodens ist im Wasser unauflöslich, soll aber mit Humussäure ein im Wasser schwer lösliches Salz bilden, welches jedoch leicht in basischen Zustand übergeht und dann im Wasser unlöslich wird. Diese geringe Löslichkeit der Thonerde ist dann auch die Ursache, weßhalb wir sie in dem Quellwasser, wie in den Pflanzen, in kaum erkennbarer Menge, weit weniger wie die Kieselerde vorfinden.

Der Thon wirkt daher weniger durch sein chemisches, als durch sein physikalisches Verhalten auf Bodenbeschaffenheit ein, und äußert fast in Allem ein der Kieselerde durchaus entgegengesetzes Verhalten.

Zuerst zeigt der Thon die höchste (wie der Sand die geringste) Zusammenhangskraft und übertrifft hierin alle übrigen Erdarten um das Zehnfache. Diese Eigenschaft macht den reinen Thonboden sehr unfruchtbar, indem

dadurch die Verbreitung der Wurzeln, und der Luftwechsel im Boden, mithin auch die Entwicklung der Pflanzennahrung aus dem Humus desselben gehindert wird. Der Landwirth vermag sich durch künstliches Auflockern des Bodens zu helfen; uns stehen solche Mittel nicht zu Gebot, und der strenge Thonboden hat daher für den Forstwirth weniger Werth als für den Landwirth.

Als ein wesentliches Hinderniß steht der große Zusammenhang der Thonerde im bindenden Boden bei dem Kulturbetriebe, besonders beim Pflanzgeschäft da, indem es nur im lockeren Boden gelingt, die Wurzeln des Pflänzlings überall und dicht mit Erde zu umgeben, ohne sie aus ihrer natürlichen Lage zu bringen. Man kann sich auf solchem Boden nur dadurch helfen, daß man die Pflanzlöcher im Herbste machen läßt, um den ausgeworfenen Boden dem Froste auszusetzen. Durch das Gefrieren der Bodenfeuchtigkeit werden die Thontheilchen des bindenden Bodens auseinandergedrängt, verlieren ihren Zusammenhang und liefern im Frühjahre eine lockere Bodenkrume.

Aber nicht allein auf die Kulturarbeiten hat der größere Zusammenhang der Bodentheile wesentlichen Einfluß, sondern auch auf Wachsthum und Gedeihen, besonders der Büschelpflanzungen, wie überhaupt auch der dichteren Saatkulturen. Glücklicherweise kommen die reineren Thonformen nur selten, und in geringer Ausdehnung auf der Oberfläche als Boden vor, und selbst sehr bindende Bodenarten enthalten den Thon in einer sehr beträchtlichen Untermischung mit Sand, durch welche dieselben hohe Grade der Fruchtbarkeit erlangen, indem dann alle die wohlthätigen Eigenschaften des Thons hervorzutreten vermögen. Thoniger Verwitterungsboden ist in der Regel fruchtbarer, als die primitiven Thonlager, theils in Folge häufigerer Beimengung von Gesteinbrocken, theils durch größeren Gehalt aus noch fortdauernder Zersetzung stammender, löslicher Mineralstoffe. In Folge der Zusammenhangskraft des Thons, sowie der feinen Zertheilung, ist der Luftwechsel im Boden gering, wodurch allein schon demselben die Feuchtigkeit weniger rasch entweicht, und der beigemengte Humus viel langsamer zersetzt wird als in lockeren Bodenarten.

Was das Verhalten des Thons zur Feuchtigkeit betrifft, so zeigen die reineren Thonformen auch hierin ein dem Pflanzenwuchse ungünstiges Verhalten. Es besitzt der Thon nämlich die Eigenschaft, wenn er völlig durchnäßt ist, für neu hinzukommendes Wasser undurchlassend zu werden, d. h. er gibt das aufgesogene Wasser weder an die unter ihm befindlichen Boden- oder Gesteinschichten ab, noch vermag er neu hinzukommende Feuchtigkeit aufzunehmen; so daß letztere, wenn sie keinen Abfluß findet, sich über der Thonschicht ansammeln und Versumpfungen veranlassen muß. Die meisten Sümpfe, Moore, Seen, Brücher des Meeresbodens verdanken einer unter ihr liegenden undurchlassenden Thonschicht ihr Daseyn. Versumpfung muß überall entstehen, wo einem Boden auf eine oder die andere Art mehr Feuchtigkeit zu- als abfließt und nur durch Verdunstung zu entweichen vermag. Einem solchen Boden kann nur durch Abzugsgräben oder durch Unterbrechung der undurchlassenden Thonschicht, mitunter, wenn der Zufluß nicht viel bedeutender ist als die Verdunstung, schon durch Beförderung des Luftwechsels über dem Boden, theils durch Freistellung, Auslichtung der Bestände und durch Ent-

fernung der die Verdunstung hindernden Pflanzendecke, Sumpfmoose ꝛc. geholfen werden. Auch diese nachtheilige Eigenschaft des Thons wird durch das Hinzutreten des Sandes zur Bodenmengung gehoben. Die bindenden Thon- und Lehmbodenarten nehmen 40 bis 50 Proc. ihres eigenen Gewichts Wasser auf, während der Sand nur 25 Proc. aufnimmt; Kalk-, Talk- und Humusboden besitzen diese Fähigkeit in noch höherem Grade als der Thonboden.

Der Thonboden nimmt aber nicht allein eine größere Feuchtigkeitsmenge auf wie der Sand, er besitzt auch in weit höherem Grade als dieser das Vermögen, die Feuchtigkeit der Luft an sich zu ziehen, und die auf einem oder dem andern Wege empfangene Feuchtigkeit festzuhalten, nicht so rasch durch Verdunstung zu verlieren. Er steht in dieser Hinsicht sowohl gegen den Sand als gegen die übrigen Bodenbestandtheile in ziemlich gleichem Verhältniß, wie rücksichtlich seiner Wasseraufnahmefähigkeit. In ihrem Verhalten zur Feuchtigkeit ist daher die Thonerde bei nicht zu großem Uebergewicht der Vegetation höchst günstig, besonders durch ihr Verhalten zu den Dünsten der Luft, indem damit zugleich der hohe Grad, in welchem diese Erdart den Sauerstoff der Luft an sich zieht, verbunden ist.

Die der Thonerde in so hohem Grade zustehende Fähigkeit, die Dünste der Luft an sich zu ziehen, ist in mehrfacher Hinsicht von der größten Wichtigkeit durch den wohlthätigen Einfluß, den sie auf die Feuchtigkeit des Bodens sowohl, als auf die Entwicklung der Pflanzennahrung im Boden ausübt. Durch diese Eigenschaft vermag sich der Thonboden auch ohne wirkliche Niederschläge feucht zu erhalten; Thau, Nebel und feuchte Luft wirken nicht allein auf seine Oberfläche, wie beim Sandboden, sondern gehen tiefer in ihn ein und werden dadurch der raschen Verdunstung entzogen. Im ersten Abschnitte habe ich gezeigt, daß gerade diese Befeuchtung auch in anderer Rücksicht sehr wohlthätig wirkt durch die Menge der Kohlensäure, die mit den feineren Niederschlägen dem Boden zugeführt wird. Dadurch erhalten nicht allein die Wurzeln unmittelbar Nahrungsstoff, sondern es wird auch die Bildung der mineralischen Pflanzennahrung in hohem Grade befördert.

Auch in ihrem Verhalten zur Wärme steht die Thonerde der Kieselerde entgegen, indem sie die empfangene Wärme in dem Verhältniß wie 3 zu 2 rascher verliert als diese. Hierauf beruht theilweise der Unterschied zwischen hitzigem, warmem und kaltem Boden, der andrerseits jedoch auch durch Feuchtigkeits- und Zusammenhangsgrade bedingt ist.

Ueber das Verhalten besonders der Thonerde zu dem in den atmosphärischen Niederschlägen enthaltenen Alkalien vergl. Seite 21.

Das specifische Gewicht der Thonerde ist = 2,533.

c. Die Kalkerde

kommt im Boden in doppelter Natur vor, theils in Verbindung mit Kohlensäure als Kalk, theils in Verbindung mit Schwefelsäure als Gyps. Kohlensaurer Kalk mit kohlensaurem Talk = Dolomit.

Die kohlensaure Kalkerde

ist eine chemische Verbindung von 56 Kalkerde und 44 Kohlensäure, welche letztere durch Glühen ausgetrieben werden kann (Kalkbrennen), worauf der

Kalk im ätzenden Zustande zurückbleibt, bis er entweder durch Aufnahme der Kohlensäure der Luft wieder kohlensauer wird, oder durch Wasser sich zu Kalkmörtel gestaltet. Im Wasser ist die kohlensaure Kalkerde völlig unauflöslich; sie wird es aber durch Verbindung mit der Humussäure des Bodens, indem diese unter Austreiben der Kohlensäure des Kalks sich an deren Stelle setzt und humussaure Kalkerde bildet, die in 2000 Theilen kaltem Wasser auflöslich ist. Die Kalkerde wird ferner durch kohlensäurehaltiges Wasser zu neutralem kohlensaurem Kalk aufgelöst. In dieser Auflösung geht der Kalk dann auch in die Pflanze über, und findet sich nächst der Kieselerde am häufigsten in der Asche derselben; in der Holzasche vieler Hölzer ist er sogar in größerer Menge als die Kieselerde enthalten. So fand Saussure in der Asche des Fichtenholzes auf Granitboden gewachsen 46 Proc, auf Kalkboden 63 Proc., auf gemengtem Kalkboden 51 Proc. Kalkerde, während die Kieselerde in der Holzasche des Granitbodens auf 13 Proc. stieg, und in der des Kalkbodens gänzlich fehlte.

Die durch Verbindung des kohlensauren Kalks mit der Humussäure des Bodens sich bildende humussaure Kalkerde, wirkt dadurch wohlthätig auf die Fruchtbarkeit des Bodens, daß ihre Auflösung, wie die Auflösung in kohlensaurem Wasser, den im Boden enthaltenen unauflöslichen Humus in einen löslichen Zustand versetzt. Hierauf gründet sich der wohlthätige Einfluß des Kalkens und Mergelns solcher Wiesen und Felder, die vielen unauflöslichen Humus enthalten. Da die Kalkerde so große Mengen von Kohlensäure enthält, und, wie wir wissen, die Kohlensäure in ihrer Verbindung mit Wasser der wesentliche Theil der Pflanzennahrung ist, so könnte man zum Glauben verleitet werden: der kohlensaure Kalk wirke durch Abgabe seiner Kohlensäure nährend auf die Pflanze ein; dieß ist aber keineswegs der Fall, denn ohne Ersatz der dem Kalke entweichenden Kohlensäure würde ersterer ätzend werden und in diesem Zustande zerstörend auf die Pflanzenwurzeln einwirken; die Säure aber, welche bei der Umwandlung des kohlensauren in humussauren Kalk an die Stelle der entweichenden Kohlensäure tritt, ist selbst eine Quelle der Pflanzennahrung, und es wird daher dem Ernährungsraume der Pflanze mindestens eben so viel, wenn nicht mehr, Nahrungsstoff entzogen als er erhält, durch diese Veränderung demnach kein Nahrungsstoff, sondern nur ein Mittel gewonnen, den Humus des Bodens rascher zu zersetzen (mergeln, ausmergeln). Die Kalkerde wirkt daher nicht nährend, sondern nur reizend, die Thätigkeit des Bodens in Herausbildung der Pflanzennahrung aus dem Humus beschleunigend. Außerdem ist der Kalk als wichtigstes Zuführungsmittel der Schwefelsäure und der Phosphorsäure in die Pflanzenwurzeln von hervorstechender Bedeutung.

In Folge dieser Eigenschaften der Kalkerde nennt man den Kalkboden einen **thätigen Boden**, da die Auflösung des in ihm enthaltenen Humus zur Pflanzennahrung sehr rasch vor sich geht. Soll ein Boden, der viel Kalkerde enthält, fruchtbar seyn, so muß er nicht allein viel Humus enthalten, sondern es muß dieser auch fortwährend in reichlicher Menge ergänzt werden, daher über Kalkboden die dichte Bewaldung eben so sorgfältig als über dem lockern Sandboden zu erhalten, und für dieselbe eine Holzart zu erwählen ist, die sowohl durch Schluß als Blattreichthum eine reichliche Humusmenge zu erzeugen vermag. Diesen Anforderungen entspricht die Rothbuche und die

Schwarzkiefer am meisten, der auch ihrer Natur nach der Kalkboden besonders zusagend ist.

Nächst dem Sande hat die Kalkerde die geringste Zusammenhangskraft, nicht viel höher als der Sand, daher sie einen lockeren, leichten, der Wurzelverbreitung günstigen, selbst im nassen Zustande wenig bindenden Boden bildet. Die feinere Zertheilung der Kalkerde ist aber die Ursache, weßhalb der Luftwechsel im Boden geringer als im Sandboden ist; wird dieser durch eine reichliche Beimengung von körnigem Kiesel befördert, so ist die Thätigkeit des Bodens noch viel größer als ohne diese.

Rücksichtlich ihres Verhaltens zur Feuchtigkeit steht die Kalkerde zwischen der Kiesel- und Thonerde, und ist im reineren Zustande in dieser Hinsicht der Vegetation ungünstig. Sie faßt, je nachdem sie weniger oder mehr zertheilt ist, nur 25—40 Proc. ihres eigenen Gewichtes an Wasser, verliert die aufgesogene Feuchtigkeit sehr rasch durch Abzug in die tieferen Bodenschichten oder durch Verdunstung und besitzt das Vermögen, die Dünste der Luft an sich zu ziehen, in sehr geringem Grade. Die Ergebnisse wissenschaftlicher Untersuchungen stehen hiermit vielfach im Widerspruche (vergl. Schübler Agrikulturchemie), was sich wohl kaum anders als durch die große Wasserleitungsfähigkeit der Kalkerde erklären läßt.

Vom Sonnenlichte wird die Kalkerde, vorzüglich wohl wegen ihrer Trockenheit, nächst der Kieselerde am meisten erwärmt, indem im trocknen Kalkboden weniger Wärme durch Verdunstung gebunden wird, als in denjenigen Bodenarten, denen ein günstigeres Verhalten zur Feuchtigkeit eigenthümlich ist; die Wiederabkühlung geht nicht viel rascher als die des Sandes vor sich, daher der Kalk einen sogenannten heißen oder hitzigen Boden bildet.

An und für sich bildet daher die Kalkerde einen schlechten, dem Pflanzenwuchse wenig günstigen, trocknen, warmen, meist humusarmen Boden. Die Mengung mit Thonerde und mit Humus hebt jedoch diese Mängel in dem Grad, daß sich aus ihr die fruchtbarsten Bodenarten herausstellen, wie dieß z. B. der Fall ist, wenn die Kalkerde mit 30—40 Proc. Lehm gemengt ist, doch hebt schon ein Lehmgehalt von 10 Proc. die nachtheiligen Eigenschaften der Kalkerde in dem Maße, daß bei einigem Humusgehalt ein mittelmäßig guter Waldboden erzeugt wird.

Mergel

nennt man den Kalkboden, wenn der Gehalt an kohlensaurem Kalke 20 Proc. nicht übersteigt, und dieser Kalktheil mit Thon und Sand gemengt ist. Steigt der Sandgehalt auf 60—70 Proc., so nennt man die Mengung sandigen Mergel; steigt der Thongehalt auf 20—40 Proc., so heißt sie lehmiger, bei 50—60 Proc. Thon thoniger Mergel. Die Mergelarten, besonders aber der lehmige und der thonige Mergel, bilden ein außerordentlich fruchtbares Erdreich, indem in ihnen die Erdarten in einem so günstigen Verhältnisse gemengt sind, daß deren nachtheilige Eigenschaften gegenseitig aufgehoben werden.

Die schwefelsaure Kalkerde (Gyps)

ist für die forstliche Bodenkunde von geringer Bedeutung, da sie nur selten als wesentlicher Gemengtheil des Bodens auftritt, selbst über Gypsfelsen oft

in nur geringen Mengen dem Boden beigemengt ist, und zwar wegen ihrer leichten Löslichkeit im Wasser, in Folge deren der Gypsgehalt des Bodens vom Regenwasser nach und nach aufgelöst und ausgelaugt wird. Wo der Gyps in überwiegender Menge vorhanden ist, zeigt er sich der Vegetation nicht förderlich, indem er einen lockeren, mageren und heißen Boden bildet, der die Feuchtigkeit in nicht größerer Menge als der Quarzsand aufzunehmen vermag, dieselbe fast eben so rasch verliert und fast gar keine Feuchtigkeit aus der Luft anzieht. Erhaltung der Humusschicht ist hier Bedingung eines kräftigern Pflanzenwuchses, der durch die Rothbuche noch am vollständigsten zu erstreben ist, obgleich auch für diese Holzart der Gypsboden sich weniger zuträglich zeigt, als der Kalk.

d. Die Talkerde

findet sich im Boden in doppelter Verbindung, entweder, wie der Kalk in Verbindung mit Kohlensäure, oder wie der Thon, in Verbindung mit Kieselerde als Talksilicat. In ersterer Verbindung enthält sie der Boden des Dolomit und in geringerer Menge der mancher Kalksteine und Mergel beigemengt; als Talksilicat kommt sie im Boden über hornblendehaltigen Gebirgsarten, über Talk- und Chloritschiefer vor. Bis zu $^1/_2$ Proc., seltener bis 1 Proc. des Bodengewichts, findet sich die Talkerde fast in jedem Boden. In ihrem natürlichen Vorkommen im Boden ist die Talkerde im Wasser unauflöslich, bildet aber, wie die Kalkerde mit der Kohlen- und Humussäure des Bodens, leicht auflösliche Salze, und zeigt überhaupt in chemischer Hinsicht ein der Kalkerde ähnliches Verhalten.

Die Talkerde hat zwar zunächst der Thonerde die größte Zusammenhangskraft, jedoch nur den 9ten Theil der des Thones, daher sie als Lockerungsmittel des Bodens wirkt. In ihrem Verhalten zur Feuchtigkeit zeigt sie unter allen Erdarten das günstigste Verhalten, indem sie nicht allein die größte Wassermenge aufzunehmen vermag, sondern diese auch fester erhält, als selbst der Thon, und das Vermögen, die Dünste der Luft anzuziehen, im höchsten Grade besitzt. In größerer Menge dürfte die Talkerde dem Boden daher nicht zuträglich seyn. Bei der geringen Menge, in welcher die Talkerde dem Boden gewöhnlich nur beigemengt ist, können jene Eigenschaften nur wohlthätig wirken, und alle Angaben über nachtheilige Wirkung der Bittererde beziehen sich auf deren Eigenschaften im gebrannten Zustande. Die dolomitischen Hohenzüge unserer Weserdistrikte zeigen da, wo sie zu Tage treten, einen außerordentlich kräftigen Rothbuchenwuchs und sehr reichhaltigen Flor.

Aus den Cambial-Säften des in der Entwickelung stehenden Jahresringes erhielt ich durch Behandlung mit Ammoniak sowohl bei Laubholz- als bei Nadelholzarten reichlichen Niederschlag kleiner in Wasser unlöslicher Krystalle von phosphorsaurer Ammoniakmagnesia ohne Spuren von Kalk selbst von Bodenarten die reicher an Kalk als an Talk waren. Es gewinnt dadurch der Talk des Bodens besondere Bedeutung für die Ernährung der Holzpflanzen.

2. Salze der Alkalien und der Metalle.

Als Bodenbestandtheile sind unter diesen nur
kohlensaures Kali,

kohlensaures und salzsaures Natron, kohlensaures, schwefelsaures und phosphorsaures Eisen und Mangan beachtenswerth.

Der Gehalt eines Bodens an Salzen übersteigt nur in außergewöhnlichen Fällen 1 Proc. des Bodengewichts, meist beträgt er nicht $^1/_2$ Proc. und nur im Boden der Salzsteppen, der Seeküste, der Umgebung von Salzquellen, so wie in manchen Torf- und Sumpfboden tritt ein beträchtlicher Salzgehalt auf, der dem Wuchse unserer Waldbäume stets hinderlich ist.

Wenn, nach Brandes Untersuchungen, jährlich über 100 Pfunde verschiedener, im Regenwasser aufgelöst enthaltener Salze, auf die Fläche eines Morgens niedergeschlagen werden, so läßt sich der geringe Salzgehalt des Bodens nur dadurch erklären, daß diese Stoffe mit dem Regenwasser stets in die Tiefe geschwemmt werden, was natürlich in gleicher Weise auch mit den, dem Boden eigenthümlich angehörenden Salzen der Fall ist. Ein Boden ist daher um so freier von salzigen Bestandtheilen, je leichter er dem Wasser den Durchgang und den Abzug in die Tiefe gestattet; je bindender, thonreicher ein Boden ist, um so größer pflegt sein Salzgehalt zu seyn (vergl. S. 22 über die Fixirung der Alkalien im Boden).

Am ungünstigsten auf den Pflanzenwuchs wirken die Eisensalze, die sich, theils im Sumpf- und Moorboden durch Verbindung des darin häufig vorkommenden Eisenoxyds und Eisenoxyduls mit Kohlensäure und Phosphorsäure, theils in solchen Bodenarten entwickeln, welche Schwefeleisen (Schwefelkies) enthalten. Entwässerung und Abtrocknung des Bodens, um der Luft erhöhten Zutritt zu verschaffen, ist das einzige Mittel, durch welches der Forstmann die aus dieser Ursache entspringende Unfruchtbarkeit eines Bodens zu heben vermag.

Unter den Natronsalzen kommt das salzsaure Natron (Kochsalz, Steinsalz) am häufigsten als Bodenbestandtheil vor. In größerer Menge wirkt es besonders auf den Wuchs der Gräser und Kräuter nachtheilig ein mit Ausschluß einiger, der sogenannten Salzpflanzen, eine Beimengung unter $^1/_2$ Proc. soll jedoch günstig wirken. Weniger nachtheilig scheint dieß Salz auf den Wuchs unserer Holzpflanzen einzuwirken; neben Salicornia und Salsola wächst die Weide recht gut; die Kiefer, Buche, Erle zeigt unmittelbar am Strande der Ostsee auch da, wo der Boden kaum über dem Meeresspiegel erhoben ist, ein freudiges Gedeihen, obgleich das bis zu 2 Proc. salzhaltige Wasser nicht allein durch den Boden, sondern auch durch die Luft den Pflanzen zugeführt wird.

Nächst dem Chlornatrium findet sich im Boden noch das kohlensaure Natron ziemlich verbreitet, doch meist in sehr geringer Menge und, wie das kohlensaure Kali, durch Zersetzung des Humus günstig wirkend, indem es die Bodenthätigkeit steigert.

Wichtiger für uns ist das kohlensaure Kali, indem wir uns desselben in einzelnen Fällen bedienen, um die Bodenthätigkeit zu erhöhen, so beim Hainen im Hackwaldbetriebe durch die sogenannte Feuerdüngung. Es ist nämlich das Kali ein ganz allgemeiner Bestandtheil der Pflanzen, der in der Asche derselben, in Verbindung mit Kohlensäure, als mildes Kali, Potasche, zurückbleibt und durch Auslaugen gewonnen werden kann. Mit der Dammerde gemengt, verbindet sich das Kali der Asche leicht mit der Humussäure derselben

zu humussaurem Kali, in welchem 93,4 Humussäure mit 6,6 Kali verbunden sind. Die Humussäure wird durch diese Verbindung in hohem Grade löslich, zersetzt sich rascher zu Kohlensäure und befördert dadurch den Wuchs, aber natürlich nur vorübergehend, wenn die rasch aufgelösten Humustheile nicht ersetzt werden. Die Feuerdüngung besteht in nichts Anderem, als daß man einen großen Theil der Dammerde mit dem abgeschälten Rasen und den im Schlage liegen gebliebenen Reisern verbrennt, um den Rückstand an Dammerde rascher aufzulösen. Wo der Boden große Mengen unauflöslichen oder schwer löslichen Humus enthält, wie der Torf-, Moor-, Sumpfboden, oder wo die obersten Humusschichten von schlechter Beschaffenheit sind, wie in manchem Haideboden, im Boden unter Ledum palustre, da ist gewiß die Feuerdüngung nicht allein vorübergehend von guter Wirkung; für den gewöhnlichen Waldboden mit mildem löslichen Waldhumus ist die Feuerdüngung stets höchst nachtheilig, wenn auch der Wuchs der Getreidearten dadurch auf ein oder zwei Jahre gefördert wird.

Die befruchtende Kraft der Rasenasche beruht aber weit weniger in dem erzeugten kohlensauren Kali, das außerdem schon beim nächsten Regengusse in die Tiefe geschwemmt wird, als in dem Durchglühen des Bodens, wodurch einestheils die Eisen- und Mangan-Oxydule in Oxyde verwandelt werden, anderntheils die Fähigkeit des Bodens: Sauerstoff, kohlensaures Ammoniak und Feuchtigkeit aus der Atmosphäre anzuziehen, in hohem Grade gesteigert wird.

Der eigenthümliche Gehalt des Bodens an Kali ist besonders in den aus Feldspath und Glimmer haltenden Gebirgsarten hervorgegangenen Bodenarten bedeutender; doch steht er in keinem Verhältniß mit dem Kaligehalte jener, da schon bei der Verwitterung des Gesteins ein großer Kaliantheil verschwindet; den lockern Bodenarten, besonders dem Sande fehlt dieser Stoff mitunter gänzlich, übersteigt selten $^1/_2$ Proc.; im Thon, Lehm, Kalk und Mergel steigt er bisweilen bis auf 1 Proc. Die Wirkung des dem Boden eigenen kohlensauren Kali ist im Allgemeinen natürlich dieselbe, wie die des durch die Feuerdüngung erzeugten.

3. Säuren

kommen, außer der Kohlen- und Humussäure, über die ich später sprechen werde, im Boden sehr selten ohne Verbindung mit einer Basis, und in den seltenen Fällen nur vorübergehend vor. Am häufigsten tritt die Salzsäure in ihrer Verbindung mit Natron, die Schwefelsäure in Verbindung mit Kalkerde und Eisen, die Phosphorsäure an Eisen gebunden auf. Ueber die Wirkung dieser Salze im Boden habe ich so eben das dem Forstmanne Wichtigere mitgetheilt. Was man im gewöhnlichen Leben unter dem Ausdruck: saurer Boden versteht, bezieht sich auf die Beschaffenheit des Humus und auf das Verhalten des Bodens zum Graswuchse, indem man denjenigen Wiesen- oder Bruchboden sauer nennt, der keine guten Futtergräser, sondern Binsen, Riedgräser, Moose rc. erzeugt.

4. Metalle.

Das Vorkommen der Metalle im Boden ist sehr beschränkt. Am häufigsten findet sich das Eisen, in viel geringerer Menge Mangan

(Braunstein), noch seltener Kupfer, nur örtlich Blei und Zink, als Bleierde und Galmei. Von diesen Metallen verdient in der forstlichen Bodenkunde nur

Das Eisen

einer näheren Beachtung. Es findet sich im Boden mehr oder weniger vollständig mit Sauerstoff verbunden als Eisenoxyd und als Eisenoxydul (wenn Eisen der Einwirkung der Luft ausgesetzt ist, verbindet es sich mit dem Sauerstoffe derselben, es rostet. Dieß heißt Oxydation, die entstandene Verbindung, wenn sie vollständig ist: Oxyd, wenn sie unvollständig ist: Oxydul). Mit chemisch gebundenem Wasser bilden diese beiden Oxydationsstufen Oxydhydrat (Eisenrost) und Oxydulhydrat. Ueber die Verbindungen des Eisens mit Säuren zu Salzen habe ich bereits gesprochen.

Das Eisen im vollkommen oxydirten Zustande kann dem Boden in großer Menge beigemengt sein, ohne daß es einen nachtheiligen Einfluß äußert; im Gegentheil, es enthalten die meisten besseren Bodenarten größtentheils viel Eisenoxyd, und man sollte daraus fast auf eine günstige Wirkung schließen. Offenbar nachtheilig zeigt es sich häufig im Sandboden, wenn es demselben über 10 Proc. beigegeben ist; es gibt dem Sandboden alsdann eine scharfe, rothe Farbe (Fuchssand), die wir allgemein als ein Zeichen großer Unfruchtbarkeit kennen. Selbst die Kiefer kümmert in einem solchen Boden und erreicht kein hohes Alter.

Das Eisenoxydul soll sich häufiger als das Oxyd nachtheilig zeigen, doch fehlt hier noch eine hinlängliche Reihe von Beobachtungen. Es bildet sich aus dem Oxyd durch Abgabe von Sauerstoff an verwesende Pflanzentheile und verbindet sich dann mit Kohlensäure zu dem in Wasser löslichen kohlensauren Eisenoxydul. Kommt die Lösung desselben mit Phosphorsäure in Berührung, so bildet sie unter Sauerstoffaufnahme mit der Säure das phosphorsaure Eisenoxyd, den Raseneisenstein und den Wurzelrost.

Vergl. meine Untersuchungen über den Einfluß der Säuren, Salze, Alkalien ꝛc. auf Keimung und Wachsthum der Pflanzen im Anhange zu Hartig forstl. Convers.-Lexicon.

B. Bedeutung der mineralischen Bodenbestandtheile in Bezug auf Pflanzenwuchs.

Der Boden soll den Pflanzen Haltung und Standort gewähren, zugleich aber auch einer möglichst reichen und weit verbreiteten Wurzelbildung günstig sein. Es soll derselbe ferner den Wurzeln zu jeder Zeit die nöthige Feuchtigkeit darbieten, ohne durch allzugroße Nässe den Zutritt und Wechsel der atmosphärischen Luft zu verhindern. Der Boden soll endlich auch durch einen Theil seines mineralischen Bestandes ernährend auf die Pflanze einwirken, indem er ihr nachhaltig und in genügender Menge diejenigen mineralischen Stoffe in einem zur Aufnahme durch die Wurzeln geeigneten Zustande zuführt, die wir in der Pflanzenasche wiederfinden.

Es ist hauptsächlich die Schwere und die Zusammenhangskraft der Bodentheile, denen die Pflanze ihren Halt im Boden verdankt. Geringe Grade derselben können ersetzt sein durch größere Bodentiefe, so wie durch

eine, dem Eindringen der Wurzeln günstige Beschaffenheit des unterliegenden Gesteins. Hohe Grade derselben, wie sie den reineren Thonformen zustehen, schaden durch Behinderung des nöthigen Luftwechsels im Boden, so wie durch Erschwerung der Wurzelverbreitung. Nahe verwandte Pflanzen zeigen jedoch in letzterem ein sehr verschiedenes Verhalten. So durchdringt die Weymouthkiefer mit ihren Wurzeln selbst den reinen Töpferthon, der für die Lärche fast gänzlich unzugänglich ist.

Der zweiten Anforderung genügt ein Boden in um so höherem Grade, je mehr er die durch Regen und Schneewasser empfangene Feuchtigkeit im Bereiche der Pflanzenwurzeln festzuhalten vermag, je mehr er befähigt ist, das dampfförmige Wasser der Luft anzuziehen. Die Ursache zu großer Bodennässe liegt nie im Boden selbst, sondern in dessen Unterlage, wenn diese nicht befähigt ist, das überschüssig empfangene Wasser abzuleiten. Auch die Eigenschaft der Bodenkrume, in Zeiten mangelnder Wasserzufuhr von außen, das Wasser ihres Untergrundes wieder an sich zu ziehen (sogenannt „schwitzender Boden"), eine Eigenschaft, die vorzugsweise den Bodenarten von grobem Korne zuständig ist, verdient alle Beachtung.

Ueber das Verhalten der verschiedenen Bodenbestandtheile in dieser Hinsicht habe ich bereits im Vorhergehenden gesprochen, es bleibt mir hier die nähere Erörterung der Beziehungen, in denen die Bodenbestandtheile als Nährstoff zur Pflanze stehen.

Außer der Thonerde finden wir in den Pflanzenaschen alle mineralischen Bodenbestandtheile wieder vor, theils rein, als Sekrete (Kieselerde, kohlensaurer Kalk); theils mit Pflanzensäuren (Oxalsäure, Essigsäure 2c.) verbunden und im Innern der Zellen zu Krystallen ausgeschieden (hauptsächlich im Baste, seltner in den Zellfasern des Holzes); größtentheils aber als dem Auge nicht mehr erkennbarer Bestandtheil der Zellwandung selbst. In welcher Verbindung sie in der Zellwandung vorkommen, ob sie mit dem Zellstoffe chemisch verbunden, ob sie diesem nur beigemengt sind, wissen wir nicht, folgern aber aus der Allgemeinheit ihres Vorkommens im Zellstoffe, so wie aus der günstigen Wirkung auf den Pflanzenwuchs, wenn der Boden reich an löslichen Mineralstoffen ist (Aschedüngung, Rasenasche, Gypsen), daß sie eben so nothwendig zur Zellenbildung sind wie jeder andere Bestandtheil derselben, daß sie nicht allein Förderungsmittel und Bedingung der in der Pflanze vorgehenden chemischen Bildungen und Zersetzungen, sondern selbst Nahrungsmittel sind; daß der Zuwachs der Pflanze ebenso an eine genügende Zufuhr mineralischer Stoffe, wie an die der Kohlensäure, des Wassers und des Stickstoff gebunden sei.[1]

[1] Unmittelbar nach jeder Lichtstellung im Schlusse erwachsener Bäume tritt eine bedeutende, aber vorübergehende Steigerung des Zuwachses derselben ein. Ich habe gezeigt, daß dieß auch dann der Fall sei, wenn die Dammerdeschicht und der Boden selbst in keiner Weise eine Veränderung erleidet. Die durch die Freistellung vermehrte Blattmenge kann ebenfalls nicht die Ursache dieser Zuwachssteigerung sein, da diese sofort und früher eintritt, als die Blattmenge eine wesentliche Vermehrung erfährt, vom ersten zuwachsreichsten Jahre nach der Freistellung an, sich wieder verringert und in 4—5 Jahren zur normalen Größe herabsinkt, während in demselben Zeitraume die Blattmenge fortdauernd sich erhöht. Ich habe die Erklärung dieser Thatsache in nachfolgender Hypothese gegeben. Während der Zeit sehr geschlossenen Standes wird die Wurzelthätigkeit in Aufnahme mineralischer Nährstoffe

Dieß als richtig angenommen, fragt es sich immer noch, ob der Bedarf der Pflanzen bestimmte mineralische Bodenbestandtheile in bestimmten Mengen erfordere, oder ob, in Ermangelung des einen oder des anderen Bestandtheils, durch Mehraufnahme vorhandener, der Bedarf in verschiedener Weise gedeckt werden könne, ohne Beeinträchtigung der Zuwachsgröße. Seit Saussures Bestimmung des Aschegehaltes der Fichte auf Kalk- und Granitboden (Seite 81) hat sich letztere Ansicht immer mehr befestigt und ist gegenwärtig die herrschende.

In unseren Wäldern gibt die Zersetzung des jährlichen Blattabfalles dem Boden eine Quantität mineralischer Stoffe zurück, die dem Bedarf für jährliche Blatt-Reproduktion genügt, nicht allein in Menge, sondern auch in Beschaffenheit. Wir können daher diesen Antheil des Bedarfs außer Ansatz lassen und nur den der jährlichen Holzproduktion entsprechenden Bedarf in Rechnung stellen. Trockenes Fichtenholz enthält 1,7 Proc. Asche; 3 Cubikmeter jährlicher Massenerzeugung pro $^1/_4$ Hektar = 3200 Pfund Trockengewicht, enthalten daher 55 Pfunde Asche, einschließlich des Gehaltes an Kohlensäure. Trockenes Buchenholz enthält 1,6 Proc. Asche; 1,5 Cubikmeter jährlicher Massenerzeugung = 2250 Pfunde Trockengewicht enthalten daher 36 Pfunde Asche.

Vergleichen wir hiermit die Mengen von Kalk, Talk, Natron, Kieselerde &c., die nach den Seite 21 mitgetheilten Untersuchungen alljährlich mit dem Regen- und Schneewasser dem Boden zurückgegeben werden, deren Menge den jährlichen Bedarf der Pflanzen um das Mehrfache übersteigt, so würde die mineralische Zusammensetzung des Bodens selbst, ohne Einfluß auf die Zufuhr mineralischer Nährstoffe sein, jeder Boden müßte den Bedarf an solchen der Pflanze in überreicher Menge liefern, um so reichlicher, wenn es sich bestätigt: daß die mineralische Base der vom Regenwasser dem Boden zugeführten wichtigsten Salze vom Boden zurückgehalten wird, ganz abgesehen von der Thatsache, daß es kaum einen Boden geben dürfte, der die wichtigeren Elemente der mineralischen Nahrung nicht in genügender Menge in sich trägt.

Wenn es sich bestätigt, daß die Basen auch der an sich in Wasser löslichen Salze vom Boden in unlöslichem Zustande zurückbehalten werden (Seite 22), dann müssen wir den Pflanzenwurzeln das Vermögen zusprechen, über ihre eigenen Grenzen hinaus wirkend, die Löslichkeit in Wasser wiederherzustellen, da die Einfuhr in die Pflanze nur in wässriger Lösung möglich ist (Liebig). Man müßte dann aber auch weiter schließen, entweder, daß in jedem an mineralischen Nährstoffen nicht sehr reichen Boden der Vorrath im Bereiche der älteren Wurzelstränge sehr bald erschöpft sein muß, daß daher nur die jährlichen Neubildungen an Wurzelfasern im noch nicht er-

nicht in demselben Maße verringert als die Blattthätigkeit durch verminderte Blattmenge und geringere Lichtwirkung. Ist dieß wahr, dann muß in dieser Zeit ein Ueberschuß nicht verwendeter mineralischer Nährstoffe in der Pflanze selbst sich aufspeichern. Die Verwendung dieses Ueberschusses bei gesteigerter Lichtwirkung auf die Belaubung ist es, welche die plötzlich in Maximo eintretende Zuwachserhöhung zur Folge hat. Wird der Zuschuß zur normalen jährlichen Zufuhr von Jahr zu Jahr kleiner, so sinkt der Zuwachs in demselben Verhältnisse, bis nach 4—5 Jahren, nach völligem Verbrauch des Ueberschusses, der Zuwachs wieder auf die normale Größe sich verringert hat.

schöpften Erdreich mineralische Nährstoffe vorfinden können, oder daß es die mineralische Zufuhr aus der Atmosphäre sei, durch welche der die älteren Wurzelstränge umgebende Boden in seiner Ernährungsfähigkeit erhalten wird. Ehe wir nicht wissen, ob nur die jüngsten oder auch die älteren Wurzeltheile zur Aufnahme von Bodennahrung geschickt sind, läßt sich in dieser für die Bodenkunde wichtigen Frage nicht einmal eine Vermuthung aussprechen.

C. Vom Humus.

Humus heißt nichts anderes als Erde; wir verstehen aber unter diesem Ausdrucke die durch Verwesung zu einer kohligen, lockern, strukturlosen Masse veränderten Rückstände abgestorbener Pflanzen- und Thierkörper, welche in Untermischung mit mineralischen Bestandtheilen des Bodens und mit noch nicht völlig verwesten Pflanzentheilen die Dammerde unserer Wälder bilden, in besonders großen Mengen im Moor-, Bruch- und Torfboden enthalten sind.

Der jährliche Blatt- und Reiser-Abfall bildet den Hauptbestand des Humus unserer Wälder. Das endliche Zersetzungsprodukt desselben ist:

1) Kohlensäure: aus dem Sauerstoff der Atmosphäre und dem Kohlenstoff der Pflanzenfaser;[1]
2) Wasser: aus dem Sauerstoff und Wasserstoff der Pflanzenfaser;
3) Ammoniak: aus dem Stickstoff und einem Antheile Wasserstoff der Pflanzenfaser (unter Umständen: Salpetersäure aus Stickstoff und Sauerstoff);
4) Mineralische Rückstände.

Die Pflanzenfaser, in ihren Uebergangszuständen aus dem ursprünglichen in diese letzten Zustände, bildet die Dammerde; den zusammenhangslosen Theil dieser letzteren nennen wir Humus. (Auch die Pflanzensekrete sind dieser Zersetzung unterworfen. Wäre das Harz der Nadelhölzer wirklich unverwesbar (Liebig), die Anhäufung desselben in der Dammerde unserer Wälder müßte eine ungeheure sein.)

Der in alkalischen Laugen lösliche Theil des Humus, aus der Lösung (Humusextrakt) durch Säuren niedergeschlagen, ist die Humussäure.

Die Zerlegung der Pflanzenfaser in ihre endlichen Bestandtheile beginnt durch die Wirksamkeit niederer cryptogamer Gewächse: der Nachtfasern im Holze, der Gährungspilze in der Dammerde. Diese Nachtpflanzen sind Vorläufer und Diener der chemischen Zersetzung, indem sie sich vom organischen Stoffe unmittelbar ernähren und ihn größtentheils der Atmosphäre zurückgeben durch fortdauernde Kohlensäure-Ausscheidung. Der in dieser Weise für die chemische Zersetzung vorbereitete Pflanzenkörper fällt

[1] Liebig nimmt an: daß es allein der Sauerstoff der Pflanzenfaser sei, welcher mit dem Kohlenstoff derselben Kohlensäure bilde. Demgemäß würde der größere Theil des Kohlenstoff der Pflanzenfaser den zur Kohlensäurebildung nöthigen Sauerstoff nicht finden und als ein kohliger Rückstand, den Liebig Moder nennt, zurückbleiben. Die Dammerde unserer Wälder kennt einen solchen Rückstand nicht. Große Humusmengen können in wenigen Jahren bis auf den letzten Rest verschwinden. Die Mitwirkung organisirter Körper im Zersetzungsvorgange mag es wohl sein, die dem chemisch Gesetzlichen störend entgegentritt.

nun vorzugsweise der Wirkung des Sauerstoffs anheim, der ihn unter begünstigenden Umständen in wenigen Jahren bis auf die Aschebestandtheile zu verflüchtigen vermag, um so rascher, je größer der Luftwechsel im Boden durch tieferes und volleres Athmen desselben ist (Seite 11).

Aber nicht allein durch Zerlegung in die flüchtigen, binäcen Verbindungen der Kohlensäure, des Wasser und des Ammoniak, verringert sich die Menge des Humus in der Dammerde. Ein unter Umständen sehr bedeutender Antheil desselben wird durch Regengüsse ausgelaugt und in die Bodentiefe geschwemmt. Allerdings ist die Löslichkeit des Humus im Wasser der Digerirflasche eine sehr geringe, ich habe aber gezeigt (Forst- und Jagd-Zeitung 1844, S. 105, 1845, S. 253), daß wenn man Regenwasser in einer dem Regenniederfall ähnlichen Weise durch Dammerde ablaufen läßt, die Löslichkeit eine sehr große werde, wahrscheinlich dadurch, daß der durchsinkende Regentropfen atmosphärische Luft nach sich zieht, daß durch den vermehrten Sauerstoffzutritt eine raschere Zerlegung des Humus in Kohlensäure bewirkt wird, in Folge dessen das freigewordene Kali und das Ammoniak der Pflanzenfaser, welches aus dem während der Zersetzung frei werdenden Wasserstoff und dem Stickstoff der Luft entsteht, sich mit einem noch unzersetzten Humusantheile zu humussauren, in Wasser leicht löslichen Salzen verbindet und ausgelaugt wird. Dem ist es hauptsächlich zuzuschreiben, wenn auf Blößen, Räumden und in lichten Beständen der Humus rasch verschwindet; daß in geschlossenen Beständen, deren dichter Blattschirm den größeren Theil des Regenniederfalles dem Boden entzieht, die Dammerde in größeren Massen sich anhäuft.

Stagnirende Bodenfeuchtigkeit hingegen verzögert die Zerlegung, Verflüchtigung und Auslaugung des Humus, indem sie den Luftwechsel im Boden vermindert. Bei gleichem Zugange an Humus bildendem Material ist hier daher die Anhäufung eine größere. In nassem Boden steigert sich diese zu den bedeutenden Mengen, die wir im Bruch, Moor, Sumpf-, Torfboden aufgespeichert finden. Der Zugang ist hier kein größerer als in unserem Waldboden, aber die Zersetzung ist eine langsamere.

Durch die Art der Walderziehung, durch Betriebsart, Umtrieb, Verjüngungs-, Cultur-, Durchforstungsweise, durch die Wahl geeigneter Holzarten vermögen wir in mannigfaltiger Weise, nicht allein auf einen größeren Zugang an humusbildendem Material, sondern auch, was noch wichtiger ist, auf minder rasche Zersetzung desselben hinzuwirken. Die Befruchtung des Waldbodens durch die Bestandszucht selbst, die Erhaltung und Aufspeicherung humoser Bestandtheile des Waldbodens ist eine Hauptaufgabe pfleglicher Forstwirthschaft. (S. Bd. II, Seite 60.) Herstellung und Erhaltung vollen Bestandsschlusses solcher Holzarten, die durch reichen Blattabfall sich auszeichnen, ist das Hauptmittel zur Erreichung dieses Zweckes.

Die befruchtende Wirkung des Humus im Boden beruht auf Verschiedenem:

1) Bedeutung des Humus als Nährstoff.

Daß gesunde, unverletzte Pflanzenwurzeln Humuslösungen nicht aufnehmen, habe ich direkt nachgewiesen, zugleich aber auch gezeigt, daß Kohlensäure nicht allein mit dem Bodenwasser aufgenommen, sondern diesem ent-

zogen werde auf mehrere Zolle Entfernung von den Wurzeln. Meine, diesen Gegenstand betreffenden Versuche finden sich in Liebig organ. Chemie, 1. Aufl. Seite 190. Indeß habe ich zugleich erwiesen und schon Seite 11 dieses Werkes darüber gesprochen, daß selbst unter den günstigsten Annahmen die Wurzeln kaum 1 Proc. des jährlichen Kohlenstoffbedarfs unserer Waldbestände aus dem Boden zu entnehmen vermögen. Daß die aus dem Boden in die Atmosphäre entweichende Kohlensäure die Fruchtbarkeit des Standorts erhöhe, können wir vermuthen, aber keineswegs behaupten; denn: ist der gewöhnliche Kohlensäuregehalt der Luft für die volle Ernährung der Pflanzen ausreichend, dann ist es mindestens zweifelhaft, ob ein mehr als gewöhnlicher Kohlensäuregehalt die Fruchtbarkeit steigere.

Daß die Dammerde bedeutende Mengen von Ammoniak enthalte, gibt schon der eigenthümliche Geruch (nach frischer Gartenerde) zu erkennen. Daß dieser Körper von den Pflanzenwurzeln aus dem Boden aufgenommen werde, ist wahrscheinlich; daß er aus der Zersetzung der Dammerde stamme, ist hingegen noch nicht sichergestellt.

Eben so wichtig als Kohlensäure-, Ammoniak- und Wasserbildung ist unstreitig der mineralische Rückstand als Nährstoff. Der jährliche Blattabfall muß so viel davon dem Boden zurückgeben, als zur Produktion einer neuen Belaubung nöthig ist und nur der mineralische Bestand des bleibenden Holzzuwachses muß aus dem mineralischen Bodenbestande entnommen werden. Nicht unberücksichtigt darf man es lassen, daß die aus dem Humus stammenden Mineralstoffe mit der Zersetzung desselben nachhaltig frei werden und sehr wahrscheinlich in einem der Aufnahme günstigen Zustande und Mengeverhältnisse den Wurzeln sich darbieten.

2) Bedeutung des Humus als Transportmittel mineralischer Nährstoffe.

Mit den meisten mineralischen Bodenbestandtheilen geht die Humussäure mehr oder weniger leicht in Wasser lösliche Verbindungen ein. Humussaures Kali (93,4 Humus, 6,6 Kali) und humussaures Natron lösen sich schon im 6—10fachen Wassergewicht. Humussaure Talkerde (93,5 Humus, 6,5 Talkerde) bedarf das 160fache Wassergewicht; humussaure Kalkerde (92,6 Humussäure, 7,4 Kalkerde) bedarf das 2000fache; humussaures Eisenoxyd (85 Humussäure, 15 Eisenoxyd) bedarf das 2300fache; humussaure Thonerde (91,2 Humus, 8,8 Thonerde) bedarf hingegen das 4200fache an Wasser zur Lösung. Dadurch wird die Humussäure zu einem Transportmittel der mineralischen Bodenbestandtheile im Boden selbst. Sie führt dieselbe den Pflanzenwurzeln zu, die ihr die Base als Nährstoff entziehen, während die dadurch unlöslich gewordene Humussäure in ihrer Zerlegung zu Kohlensäure weiter fortschreitet.[1]

[1] Liebig schließt aus der Abwesenheit humussaurer Salze im Tropfsteine der Kalkhöhlen unter humusreichem Ackerboden, sowie aus deren Abwesenheit in Quellwassern, auf die Abwesenheit der Humussäure im Ackerboden und in der Dammerde. Er glaubt, daß die von Sprengel, Mulder und Anderen darin direkt nachgewiesene Humussäure erst durch Behandlung der Ackererde mit Alkalien gebildet sei. Allein ich selbst habe die humussauren Salze des Waldhumus durch tropfenweises Filtriren von Regenwasser in kaffeebrauner Lösung dargestellt (F. u. J. Ztg. 1844, 1845). Die Abwesenheit der Humussäure in Quellwassern und Stalaktiten möchte wohl darauf beruhen, daß ein Theil derselben auf ihrem Wege dorthin in Kohlensäure zerlegt wird, daß ein anderer Theil mit den mineralischen

3) Bedeutung des Humus als Zuführer atmosphärischer Feuchtigkeit und atmosphärischer Nährstoffe.

Unter allen Bodenbestandtheilen besitzt der Humus am meisten die Fähigkeit, wässerige Dünste aus der Atmosphäre an sich zu ziehen und sich dadurch auch ohne Zugang tropfenförmiger Flüssigkeit feucht zu erhalten. Es muß diese Eigenschaft von höchster Bedeutung seyn für alle jüngeren Holzpflanzen, deren Bewurzelung noch nicht bis zu einer Bodentiefe hinabreicht, in der ihr die nöthige Feuchtigkeit unter allen Umständen gesichert ist. Mit den Dünsten der Atmosphäre nimmt der Humus zugleich aber auch kohlensaures Ammoniak in sich auf und befruchtet dadurch das Erdreich. Ob seine Sauerstoff absorbirende Kraft nur auf die chemischen Vorgänge im Boden, ob sie direkt auf die Pflanze von Einfluß ist, wissen wir noch nicht. Abgesehen von älteren, in vieler Hinsicht mangelhaften, eine direkte Wirkung bestätigenden Versuchen, wird letztere wahrscheinlich, durch die Analogien zwischen Keimung und alljährlich sich erneuernder Lösung und Verbrauch überwinternder Reservestoffe.

4) Bedeutung des Humus als Ursache einer inneren Bodenbewegung.

Die Zersetzung des Humus theils in lösliche, theils in gasförmige, dem Boden entweichende Stoffe, und seine durch den Blattabfall alljährliche Erneuerung, müssen eine fortdauernde Veränderung in den gegenseitigen Lagerungsverhältnissen eines Theils des in seinem Bereiche befindlichen, anorganischen Bodenbestandes zur Folge haben. Durch die in größere Bodentiefe eingehende Bewurzelung, durch das Absterben und die Zersetzung derselben mit jedem Abtriebe, nach jeder Durchforstung, muß die daraus hervorgehende innere Bewegung der bleibenden Bodentheile auch in größere Bodentiefe hinabreichen. Eine wichtige Rolle spielen hierbei die annuellen Pflanzen durch das jährliche Absterben ihrer weichen, leicht zersetzbaren Wurzeln. Für unseren Waldboden, der einer künstlichen Lockerung, wie solche dem Ackerboden zu Theil wird, in der Regel nicht unterworfen ist, muß diese natürliche Lockerung nicht allein von Bedeutung seyn, man darf auch annehmen, daß selbst im Bereiche der lebendigen und thätigen Bewurzelung eine Veränderung in den anlagernden mineralischen Bodentheilen hierdurch bewirkt werde; daß an die Stelle der erschöpften andere Bodentheile treten und der absorbirenden Wurzelfläche sich darbieten.

5) Bedeutung des Humus als Lockerungsmittel.

Nicht allein durch den eigenen hohen Grad der Lockerheit und Leichtigkeit, sondern auch durch den fortdauernden Abgang von Theilen seiner Masse wird der Humus zum geeignetsten Lockerungsmittel der mineralischen Bodentheile in den oberen Schichtungen, in denen vorzugsweise die zarten Thau- und Faserwurzeln sich verbreiten, deren Verbreitung und reichlicher Verästelung hier der geringste Widerstand entgegentritt, die hier zugleich im Laboratorium der zur Aufnahme geschickt gewordenen terrestrischen Nährstoffe sich befinden.

Bodentheilen in unlösliche (chemische??) Verbindung tritt. Auch der ausgewaschene helle Quarzsand schwärzt sich bei gelindem Glühen durch Verkohlung einer mit der Oberfläche des Quarzkorns innig verbundenen Humusschicht. Wie der auf diese Weise an den mineralischen Boden gebundene Humus auf Boden und Pflanzenwuchs wirke, ob und unter welchen Verhältnissen er wieder zu freiem Humus sich vom Gestein trennen könne, davon wissen wir zur Zeit noch nichts, es fehlen in dieser Richtung noch alle Untersuchungen, die sicher für die Bodenkunde wichtige Ergebnisse liefern würden.

6) Bedeutung des Humus als Bodenschutz.

Besonders die oberen, noch unvollständig zersetzten Schichtungen der Dammerde vermindern nicht allein den Luftwechsel, die Verdunstung der Bodenfeuchtigkeit und die stärkere Erwärmung des Bodens im Sommer, sie verhindern auch das tiefere Eindringen des Frosts in den Boden, indem die, mit dem schlechtesten Wärmeleiter, mit Luft reichlich gemengten Dammerdeschichten diejenige Wärme bis tief in den Winter hinein dem Boden erhalten, die dieser den Sommer über von außen her empfangen hat. Diese Abstumpfung der Temperatur-Extreme im Boden ist sicher eine in hohem Grade günstige Wirkung der Dammerde und das Zurückgehen der Bestände auf, dem Streurechen unterworfenen Boden entspringt vorzugsweise dem Mangel dieses Schutzes.

Aber nicht unter allen Umständen geht aus der Zersetzung der Pflanzenfaser ein Humus hervor, dem die vorgenannten Eigenschaften zuständig sind. Es gehört dazu ein gemäßigter und wechselnder Einfluß des Sauerstoffs der Luft und der Feuchtigkeit. Uebermaß der letzteren schließt erstere aus und entfernt die Aschebestandtheile, es verbleibt ein kohliger Rückstand, bekannt unter dem Namen Torf. Sumpf-, Moor-, Bruchboden sind Mittelbildungen zwischen fruchtbarem Waldboden und Torf. Man unterscheidet hiernach wie nach anderen Eigenschaften:

1. Milder Humus — Waldhumus.

Der milde Humus bildet den organischen Bestand der fruchtbaren Dammerde unserer Wälder, der Ackerkrume und der Gartenerde. Durch reichlichen Luftwechsel im Bereich der Dammerde unserer Wälder, deren Humus in rascher und ununterbrochener Zersetzung steht, werden fortdauernd die pflanzensauren Alkalien der sich zersetzenden organischen Stoffe frei, verbinden sich mit Theilen des noch nicht zersetzten Humus zu humussauren Alkalien, deren Löslichkeit im Wasser der Waldhumus den Namen löslicher Humus verdankt. Gleichzeitig mit der Zersetzung des Humus zu Kohlensäure wird Wasserstoff frei, dessen Verbindung mit dem Sauerstoff der Luft im Augenblick des Freiwerdens Ammoniak bildet. Daher der Geruch des Waldhumus „nach frischer Gartenerde.“ Je nachdem die äußeren Verhältnisse günstiger oder ungünstiger sind, enthält der Waldhumus weniger oder mehr Humuskohle, einen im Wasser unlöslichen kohlenähnlichen Stoff, der sich wegen Mangel an Sauerstoff noch nicht zu fertiger Humussäure herausbilden konnte, allmählig aber durch Verbindung mit Sauerstoff in Humus übergeht. Nicht allein wegen seiner Löslichkeit ist der Waldhumus so fruchtbar, sondern auch weil die bereits geschilderten, die Bodengüte in so hohem Grade fördernden physischen Eigenschaften des Humus bei dieser Art am schärfsten hervortreten. Eine Uebergangsbildung zur folgenden Art ist der Wiesenboden.

2. Saurer Humus (Moorboden, Bruchboden).

Bildet sich der Humus unter Verhältnissen, die seiner Verbindung mit Alkalien und alkalischen Erden hinderlich sind, so daß keine humussauren Salze entstehen können; tritt hierzu ein höherer, den Luftwechsel hindernder

Feuchtigkeitsgrad des Bodens, bei mangelndem Feuchtigkeitswechsel, so geht die Zersetzung des Humus sehr langsam und unvollständig von Statten. In solchem Boden häufen sich daher, besonders wenn er bewaldet ist, nach und nach große Humusmassen an, die aber wegen ihrer geringen Auflöslichkeit nicht in dem Maße günstig zu wirken vermögen, wie der milde Humus. Nur wenige Holzpflanzen gedeihen in einem solchen Boden gut, besonders gehört ihm die Erle an; doch auch Eschen, Birken, Ebereschen wachsen bei nicht zu großer Nässe noch recht gut.

3. Kohliger Humus (Torfboden)

entsteht aus der Zersetzung abgestorbener Pflanzen unter, durch große Nässe verhindertem Zutritt der Luft, in Folge dessen nicht in dem Maße Sauerstoff zum Kohlenstoff der Pflanzenreste treten kann, um vollkommene Humussäure zu bilden. Die Pflanzenreste bilden dadurch, wie durch Auslaugung ihrer alkalischen Bestandtheile, einen mehr kohligen Rückstand von schwarzer, durch Eisenoxyd meist bräunlicher oder röthlicher Farbe, der im Wasser fast ganz unauflöslich ist, um so mehr, da diesem Humus auch die nöthigen Erden mangeln, um humussaure Salze zu bilden. Der Torfboden ist daher, trotz des großen Gehaltes an Humus, sehr unfruchtbar und kann nur durch Entfernung der Nässe und durch Mengung mit mineralischen Bodenbestandtheilen, oder durch Verbrennen der obersten Schichten fruchtbar gemacht werden, indem das in der Asche der Pflanzendecke frei gewordene Kali mit dem nicht verbrannten Humus gemengt, zu humussaurem Kali sich verbindet.

4. Basischer Humus (Stauberde).

Besonders häufig an sonnigen Freilagen der Kalksteingebirge, in einem Boden, der viel Kalktheile enthält, doch auch unter anderen, noch nicht genügend ermittelten, Verhältnissen, selbst über tiefen, gänzlich von Kalk freien Sandlagern finden wir nicht selten eine Dammerde, die im trocknen Zustande aschenähnlich ist und sich sowohl durch große Unfruchtbarkeit als durch ihr Auffrieren auszeichnet. Angefeuchtet bläht sich diese Stauberde auf, nimmt eine schwarze Farbe an, läßt sich ballen, zerfällt aber nach dem Austrocknen von selbst wieder zu Staub; auch hat sie nicht das fettige, sanfte Anfühlen der fruchtbaren Dammerde, sondern ist rauher und magerer. Die Stauberde nimmt viel weniger Wasser auf als der milde Humus, und trocknet sehr rasch wieder aus. Das Wasser vertheilt sich nicht so fein, sondern bleibt mehr in Tropfen beisammen, gefriert zu Krystallen und bewirkt dadurch das sogenannte Auffrieren, welches allen Bodenarten, besonders dem Boden mit großem Gehalt an unzersetzten Pflanzenresten eigen ist, in die sich das Wasser nicht vertheilt, sondern in tropfbar flüssiger Form verbleibt. Man sagt: die Stauberde entstehe größtentheils durch Uebersättigung der Humussäure mit einer oder der andern Basis; besonders sei es die Kalkerde, welche in ihrer Verbindung mit Humussäure leicht ein basisches Salz bilde, wenn die Humussäure des sauren oder neutralen Salzes eine Zersetzung erleidet. Daraus erkläre sich dann auch, warum man die Stauberde besonders über kalkigem Boden gelagert findet. Dieß basische humussaure Salz unterscheide sich dadurch von

den neutralen und von den sauren humussauren Salzen sehr bestimmt durch seine völlige Unauflöslichkeit im Wasser. Alles dieß mag für gewisse Fälle des Vorkommens der Stauberde wahr sein, auf die mir bekannten Fälle paßt es nicht. Es ist besser zu bekennen: daß hier noch eine Lücke in unserem Wissen besteht.

Die Stauberde ist in hohem Grade unfruchtbar und im Waldwirthschaftsbetriebe nur durch Erziehung geschlossener Bestände zu verbessern. Bei der Kultur solcher Orte ist daher dichte Saat und Pflanzung zu erwählen und die Stauberde von den Saatplätzen hinwegzuschaffen, da sie besonders durch Auffrieren mehr schadet als nützt. Ist die Stauberdeschicht nicht zu stark, so genügt auch schon eine Mengung derselben mit dem unterliegenden Boden, die selbst wohlthätig wirkt, wenn der Boden sehr bindend ist. Hat sich der an Stauberde reiche Boden mit einer Grasnarbe überzogen, so hüte man sich, diese zu zerstören, sondern bewirke die Holzkultur durch Saat in der Art, daß leichte Sämereien durch möglichst weniges Aufkratzen des Bodens mit der Erde gemengt, schwere Sämereien, welche eine stärkere Bedeckung fordern, vermittelst des Sterns in die Erde gebracht werden.

5. Adstringirender Humus (Haideboden).

Viele unserer Holzpflanzen enthalten in ihrem Holze und in den Blättern einen Stoff von zusammenziehendem Geschmack, den Gerbestoff, der mit den abgestorbenen Theilen in die Dammerde übergeht. Bei der Bildung des Humus aus den Pflanzenresten wird dieser Stoff rasch zersetzt, so daß sich im Humus aus Eichen und Birken kaum Spuren davon finden; nur wenn eine Pflanze neben dem Gerbestoff zugleich reich an harzigen und wachsartigen Stoffen ist, wie die Haidekrautarten, der Kienporst, die Alpenrosen, *soll* neben den sehr langsam sich zersetzenden harzigen Bestandtheilen auch der Gerbestoff im Boden zurückbleiben, indem der mitunter bis auf 12 Proc. steigende Gehalt des Bodens an Wachsharz den Einfluß der Außenstoffe auf Zersetzung des Gerbestoffs verhindert oder wenigstens verringert.

Ohne besondere Kultur wachsen im Haideboden — der Name stammt vom Haidekraut (Calunna vulgaris), welches ihn vorzugsweise bildet — nur diejenigen Pflanzen gut, aus welchen er entstand; der Kiefer und, wenn sonst der Untergrund von guter Beschaffenheit ist, auch der Eiche und Birke sagt er noch zu; er läßt sich aber durch Auflockern so wie durch Feuerdüngung wesentlich verbessern. Wenn man einen solchen Boden nach dem Verbrennen des Haidekrauts und der obersten, an unzersetzten Pflanzenfasern reichen Bodenschicht einige Jahre in Ackerkultur geben kann, wodurch der Boden wiederholt aufgelockert und die Asche mit den tieferen Humusschichten gemengt wird, so gerathen besonders Kiefersaaten trefflich und zeigen auch im Verfolg einen guten Wuchs.

D. Vom Wasser und von der Luft.

Das *Wasser* ist eins der wichtigsten Bestandtheile des Bodens, wichtiger als alle übrigen; denn die Pflanze wächst im Humus oder zwischen Felsspalten wurzelnd, ohne eigentliche Bodenkrume; sie wächst im Erdreich

ohne Humus, aber die günstigste Mengung beider ist unfruchtbar ohne Feuchtigkeit. Alle übrigen Bodenbestandtheile wirken günstiger oder weniger günstig, je nachdem sie sich verschieden in ihrem Verhalten zur Feuchtigkeit zeigen.

Das Wasser im Boden wird nicht allein als Nahrungsstoff und als ein beim Geschäft der Ernährung und Verähnlichung unentbehrlicher Körper von den Pflanzenwurzeln aufgenommen, es vermittelt auch den Uebergang der mineralischen Bodennahrung in die Pflanze, die, wie wir wissen, im Wasser aufgelöst und in dieser Auflösung in die Pflanze aufgenommen wird. Die Feuchtigkeit des Bodens befördert ferner die Bildung des Humus im Boden, sie verringert den zu großen Luftzutritt und Luftwechsel, trägt also wesentlich zur Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit bei; sie ist es, durch welche hauptsächlich die Verwitterung der Gesteine eingeleitet und die Bodenkrume herausgebildet wird.

So nothwendig die Bodenfeuchtigkeit für die Pflanze ist, so günstig ein gemäßigter Feuchtigkeitsgrad auf die Bodenbeschaffenheit einwirkt, so nachtheilig werden zu hohe Grade des Wassergehalts, indem dadurch die Luft aus dem Boden verdrängt, in Folge dessen die Entwicklung der Pflanzennahrung aus den abgestorbenen Pflanzen verhindert wird (Torfboden, Sumpfboden). Sie verursachen das Auffrieren des Bodens (vergl. basischer Humus) und machen das Erdreich *kaltgründig*, als schlechte Wärmeleiter und indem durch die starke und beständige Verdunstung Wärme gebunden wird.

Wir unterscheiden zuerst *feuchten* und *nassen* Boden. Feucht ist ein Erdreich, wenn das Wasser in der Menge vorhanden und so fein zertheilt ist, daß dadurch der Luftwechsel im Boden nicht aufgehoben wird. Naß hingegen nennt man den Boden, wenn alle Zwischenräume der Bodenkrume mit Wasser erfüllt sind, die Luft dadurch gänzlich aus dem Boden verdrängt ist. Auf nassem Boden wachsen nur wenige Holzpflanzen, Erlen, Eschen, Birken und Weiden; der feuchte sagt allen zu.

Wir unterscheiden ferner *stehende* (stagnirende) und *wechselnde* Bodenfeuchtigkeit. Erstere ist solchem Boden eigen, der in der Nähe von Seen, Flüssen und mit deren Wasserspiegel in nahe gleicher Höhe, oder der über einem die Feuchtigkeit nicht ableitenden Wasserbecken liegt. Wechselnd feucht ist der Boden, welcher das durch Regen, Schnee, Stauungen, Ueberschwemmungen erhaltene Wasser durch Verdunstung oder Abfluß leicht wieder verliert. *Stehende Feuchtigkeit* ist günstiger als wechselnde, indem durch letztere der Boden ausgelaugt und seiner nährenden Bestandtheile beraubt wird; *stehende Nässe* ist dagegen ungünstiger als wechselnde Nässe, da Erstere durch die Wurzeln ihres Luftgehaltes sehr bald beraubt wird, während Letztere mit dem für die Ernährung nöthigen Luftgehalte in der Umgebung der Wurzeln sich erneuert.

Der Boden ist *beständig* oder *unbeständig*, *feucht* oder *naß*, je nachdem sein Feuchtigkeitsgrad einem geringeren oder größeren Wechsel unterworfen ist. Beständig feuchter Boden ist besser als unbeständig feuchter, beständig nasser Boden ist schlechter als unbeständig nasser Boden.

Der Boden ist *grundfeucht* oder *grundnaß*, wenn seine Feuchtigkeit aus der Tiefe oder aus benachbarten Gewässern stammt; er ist *luftfeucht* oder *luftnaß*, wenn er seine Feuchtigkeit lediglich durch atmosphärische Niederschläge erhält. Luftfeuchter Boden ist fruchtbarer als grundfeuchter,

wenn das Klima feucht ist und die Bodenbestandtheile der Art sind, daß sich die Erdkrume auch bei eintretender trockner Witterung lange Zeit feucht zu erhalten vermag, indem das Luftwasser fruchtbarer ist als das Erdwasser; grundfeuchter Boden ist dagegen im trocknen Klima und bei Bodenbestandtheilen von geringer wasserbindender Kraft fruchtbarer, da ihm die Feuchtigkeit in höherem Grade gesichert und gleichförmiger ist.

Luftfeuchter Boden kann wiederum gesteinfeucht, erdfeucht oder humusfeucht sein, je nachdem seine Fähigkeit, die Dünste der Luft an sich zu ziehen, die Niederschläge aufzunehmen und längere oder kürzere Zeit festzuhalten, in der Beschaffenheit der Bodenunterlage und der dem Boden beigemengten Gesteinbrocken, oder in der Natur der mineralischen Bodenbestandtheile oder in dem Gehalt an Dammerde begründet ist. Ueber das Verhalten der Gebirgsarten, der Bodenunterlage, der Erdarten und des Humus zur Feuchtigkeit habe ich das Nöthige bereits früher mitgetheilt.

Nach dem Grade der Feuchtigkeit unterscheidet man:

1) Nassen Boden: wenn das Erdreich der Oberfläche auch im Sommer, durch Druck mit der Hand, Wasser in Tropfen von sich gibt.

2) Feuchten Boden: wenn sich im Sommer einem der Oberfläche entnommenen Erdballen zwar kein Wasser mehr auspressen läßt, das Erdreich aber nie über 1 Zoll tief trocken wird, im Frühjahre die Pflanzlöcher Wasser ziehen.

3) Frischen Boden: wenn der Boden auch im Sommer nie über ½ Fuß tief abtrocknet, Pflanzlöcher im Frühjahr kein Wasser ziehen.

4) Trocknen Boden: trocknet im Sommer der Boden innerhalb einer Woche nach dem letzten durchnässenden Regen bis auf 1 Fuß Tiefe und darüber aus, so nennt man ihn trocken.

5) Dürr heißt ein Boden, wenn er schon in einigen Tagen nach dem letzten durchnässenden Regen seine Feuchtigkeit über 1 Fuß tief verliert.

Derselbe Boden zeigt einen verschiedenen Feuchtigkeitsgehalt und dadurch verschiedene Einwirkung auf den Holzwuchs in trocknen und in nassen Jahren.

Ueber den Luftgehalt des Bodens und über die Wirkung der Luft im Boden weise ich auf das zurück, was ich im ersten Kapitel des ersten Abschnittes über atmosphärische Luft bereits mitgetheilt habe.

Nach den Untersuchungen Boussingaults enthielten die tieferen Schichten eines lehmigen Waldbodens 7 Volumprocente Luft, ein sehr humusreicher Boden bis 42 Volumprocente. In dieser Luft fand derselbe das 22—23fache des Kohlensäuregehaltes der freien atmosphärischen Luft. In einem frisch gedüngten Boden fand sich das 2245fache des Kohlensäuregehaltes der Luft.

Drittes Kapitel.

Von der Beurtheilung der Bodenbeschaffenheit und Bodengüte.

Die Beschaffenheit und Güte eines Bodens erkennt man:

1) Aus seiner Zusammensetzung und aus der Natur seiner Bestandtheile.
2) Aus äußeren, in die Augen fallenden Kennzeichen.
3) Aus dem ihn bedeckenden Pflanzenwuchse.

1. Von der Untersuchung des Bodens nach seinen Bestandtheilen und Lagerungsverhältnissen.

Wenn es sich darum handelt, die Güte eines Bodens oder vielmehr eines Standorts, im Allgemeinen wie in Bezug auf einzelne Gewächse, aus der Beschaffenheit des Bodens selbst zu erkennen, ein Verfahren, welches bei der Waldwirthschaft nur da in Anwendung tritt, wo es uns nicht möglich ist, die Bodenbeschaffenheit aus bereits vorhandenem Holzwuchse zu beurtheilen, wie z. B. auf großen Blößen, oder auf Ländereien, die von der Ackerwirthschaft dem Walde abgetreten werden und umgekehrt, oder bei Veränderungen der bisher gezogenen Holzart, dann ist bei den betreffenden Untersuchungen Folgendes zu beachten:

1) Die Beschaffenheit der Bodenunterlage, deren Einfluß auf Feuchtigkeit des Bodens, auf Haltung und Standort der Pflanzen und auf Zugänglichkeit für die Pflanzenwurzeln. Das erste Kapitel dieses Abschnittes enthält die hiefür nöthigen Fingerzeige.

2) Die Triefgründigkeit des Bodens.

3) Der eigenthümliche Feuchtigkeitsgrad.

4) Der Gehalt des Bodens an Gesteinbrocken und deren Natur, je nachdem sie geeignet sind, Wasser aufzunehmen und es allmählig dem austrocknenden Boden zurückzugeben.

5) Lage, Exposition, Neigung, Klima und deren Einfluß auf Bodenfeuchtigkeit und Bodenwärme.

6) Die Natur und die Mengungsverhältnisse der Bodenbestandtheile selbst.

Was die unter 1 — 5 angeführten, auf die Bodenfruchtbarkeit sehr einflußreichen Verhältnisse betrifft, so verweise ich auf das, was in den vorhergehenden Kapiteln darüber bereits gesagt wurde; hier beschäftigt uns nur die Untersuchung der Bodenbestandtheile.

Wenn man sich in Kenntniß der Beschaffenheit eines Bodens durch unmittelbare Untersuchung setzen will, so kommt es zuerst auf richtige Wahl der Orte an, von welcher die zu untersuchende Erde genommen wird. Zuerst muß man alle ungewöhnlichen Erhöhungen und Vertiefungen vermeiden, weil man hier nie ein richtiges Maß des dem Boden eigenthümlichen Humusgehaltes erlangen wird, indem das Laub, aus welchem der Humus unserer Wälder größtentheils gebildet wird, von ersteren ab- und in letztere zusammen geweht wird; ferner sind solche Unebenheiten auch häufig durch gewaltsame Umwälzungen der Erde entstanden und diese daher nicht mehr in ihrem richtigen Mengungsverhältnisse. Man wähle daher also eine ebene gleichförmige Fläche zur Untersuchung aus. Liegt ein bergiges oder hügliches Terrain vor, so müssen gesonderte Untersuchungen auf dem Rücken, an den Hängen und in den Thälern unternommen werden.

An den für die Untersuchung ausgewählten Stellen werden nun, wo möglich bis zur Unterlage des Bodens, im tiefgründigen Boden bis 1 Meter tiefe Löcher gegraben, und eine der Seitenwände mit dem Spaten scharf und senkrecht abgestochen. Hat man hierdurch ein Bild des Bodendurchschnitts erlangt, so notirt man sich die Beschaffenheit des Bodens, so weit

sich diese aus der Färbung, aus dem Zusammenhange und dem Aeußeren der Bodenschichten erkennen läßt. Besonders messe man die Tiefe, bis zu welcher der Boden durch Humus dunkel gefärbt ist und die Dicke der durch Färbung 2c. sich als verschieden zu erkennen gebenden Erdschichten, deren Gehalt an Steinbrocken, Feuchtigkeitsgrad 2c. Aus jeder dieser schon dem Auge sich als wesentlich verschieden zu erkennen gebenden Schichten werden dann zur näheren Untersuchung einige Hände voll Erde in Papier geschlagen und auf diesem mit Bleistift die Tiefe bemerkt, in welcher die Erde lag.

Im Hause muß nun jede der Bodenproben besonders, auf einen Bogen Papier dünn ausgebreitet, so lange liegen, bis sie vollkommen lufttrocken geworden ist, worüber, je nachdem die Luft mehr oder weniger warm und trocken ist, 2—3 Tage vergehen. Die lufttrockne Erde wird darauf auf einer guten Wage gewogen, und, wenn dieß geschehen, auf einem Teller ausgebreitet, auf dem Ofen völlig ausgetrocknet und nach dem Erkalten abermals gewogen. Der Gewichtverlust zeigt die Grade an, in welchem der Boden die Feuchtigkeit zu binden und festzuhalten vermag; doch ist dieß Dörren der Erde auch schon deßhalb nöthig, um nicht Wasser mit in die Rechnung zu ziehen.

Die gedörrte Erde wird nun durch gröbere und feinere Siebe getrieben, um die Gesteinbrocken von der Erde, die gröberen Erdtheile, Grand, Gruß von den feineren zu sondern, worauf das Gewicht jeder dieser gesonderten Theile ermittelt wird. Hat man die Gesteinbrocken gesondert, so wird untersucht, welcher Gebirgsart sie angehören, worauf sie nicht weiter in Betracht kommen.

Die gröberen und feineren Erdtheile werden nun wieder zusammengebracht. Vermuthet man beträchtliche Mengen von Wachsharz (im Haideboden), so wird derselbe mit starkem Spiritus übergossen, in welchem sich unter fleißigem Umrühren das Wachsharz auflöst. Die Mengung wird darauf durch ungeleimtes Papier filtrirt, in einer Schale abgedampft, worauf das Wachsharz zurückbleibt und gewogen werden kann.

Um den Gehalt des Bodens an Humus und nicht völlig zersetzten Pflanzenfasern zu bestimmen, wird der Boden auf einer eisernen Platte erhitzt, so daß alle freie Feuchtigkeit entweicht, hierauf gewogen und in Ermanglung eines hessischen Schmelztiegels in einem gereinigten eisernen Gießlöffel bis zum Dunkelrothglühen erhitzt. Nachdem hierdurch der Humus verbrannt und die Erde erkaltet ist, wird sie abermals gewogen und aus dem Gewichtsverluste die Humusmenge berechnet. In diesem Gewichte ist freilich auch das der unzersetzten Pflanzenfaser und eines vor der Glühhitze nicht zu verflüchtigenden Wasserantheils enthalten, allein das Resultat wird für unsere Zwecke doch hinlänglich genau, um so mehr, als der Humusgehalt des Waldbodens doch nirgends sich völlig gleich ist. Genauer kann man den Humusgehalt dadurch bestimmen, daß man die Dammerde mit einer schwachen Lauge aus Holzasche übergießt, die Mischung 24 Stunden stehen läßt, worauf sich bei mehrmaligem Umrühren die Humussäure vollständig auflöst; setzt man dann der Auflösung eine Säure zu, so fällt die Humussäure in braunen Flocken zu Boden, bleibt auf dem Filtrirpapier zurück,

wird getrocknet und gewogen. Der Gehalt an noch nicht zu Humus zersetzter Pflanzenfaser muß dann aber in obiger Weise durch Glühen bestimmt werden.

Der Kalk- und Talkgehalt des Bodens wird bestimmt, indem man den vorher geglüheten und gewogenen Boden mit verdünnter Essigsäure oder mit sehr starkem Weinessig übergießt, welcher nach mehrstündigem Erwärmen und wiederholtem Umrühren diese Erden auflöst. Hat man die Auflösung abfiltrirt und mit Wasser ausgesüßt, den Rückstand getrocknet und gewogen, so gibt der Gewichtverlust den Kalk- und Talkerdegehalt des Bodens an.

In derselben Weise wird nach Entfernung des Talk- und Kalkgehaltes der Gehalt an Kali, Eisen und Mangan bestimmt, nur daß man anstatt der Essigsäure verdünnte Salzsäure anwendet.

Der Rückstand enthält nun Kieselerde und Thon. Für unsere Zwecke genügt es, die Mengen beider Theile durch Schlemmen zu bestimmen. Man gibt der Erde in einem verhältnißmäßig großen Glase das zwei- bis dreifache Wasser, rührt um, läßt den schwereren Sand sich zu Boden setzen und gießt die leichteren im Wasser schwebend bleibenden Thontheile ab. Dieß Schlemmen muß so oft wiederholt werden, als das aufgegossene Wasser sich beim Umrühren bedeutend trübt. Das Schlemmwasser wird in einem Gefäße gesammelt, auf dessen Boden sich die im Wasser enthaltenen Thontheile bei längerer Ruhe niederschlagen, worauf das klar gewordene Wasser abgegossen, der Rückstand getrocknet und gewogen wird.

Der auf diese Weise vom Thon befreite Sand wird gleichfalls getrocknet und gewogen, dann auf einem Bogen weißes Papier ausgebreitet und mit einer Loupe untersucht; die glänzenden glasartigen Körner sind Quarzsand, metallglänzende Blättchen und Schuppen sind Glimmer, röthlich gefärbte Körner sind Feldspathstückchen. Größe und Natur der Körner haben einen wesentlichen Einfluß auf die Beschaffenheit des Bodens und sind daher sehr zu beachten.[1]

Von gleichem, wenn nicht von höherem Werthe als die Untersuchung des chemischen Bodenbestandes ist die Ermittelung des physikalischen Verhaltens. Dahin gehört:

1) Die Consistenz, Bindigkeit, Zusammenhangskraft der Bodentheile. Ich ermittle dieselbe, indem ich aus dem zu untersuchenden Boden Kugeln von einem Zoll Durchmesser knete, und dieselbe nach völligem Abtrocknen über darauf gelegte Bretter so lange mit Gewichten belaste, bis sie zerdrückt werden. Die Pfundzahl der Belastung beim Zerdrücken ergibt die Verhältnißzahl der Consistenz. Um aus solchen und ähnlichen Untersuchungen benutzbare Resultate zu erlangen, ist es aber nöthig, daß man eine Mehrzahl verschiedenartiger Bodenarten, darunter solche, welche die

[1] Wenn gleich aus dieser Art der Bodenuntersuchung keine genaue Resultate der Bodenbestandtheile hervorgehen, deren Erlangung größere chemische Kenntnisse, als man sie vom Forstmanne erwarten darf, und den Besitz eines chemischen Apparates fordert, so genügt die Genauigkeit derselben für unsere Zwecke doch vollständig. Wer sich eine genauere Kenntniß der chemischen Boden-Analyse erwerben will, dem empfehle ich das Studium der diesen Gegenstand betreffenden ausgezeichneten Abhandlung des Professors Otto in Sprengel's Handbuch der Bodenkunde 1837. S. 303—469.

Extreme der Bindigkeit und Lockerheit besitzen, gleichzeitig untersucht und durchaus gleicher Behandlung unterwirft, um genaue Verhältnißzahlen zu gewinnen. Eine Untersuchungsreihe von nahe 100 verschiedenen Bodenarten des Harzes und der Umgebungen desselben lieferte mir folgende Scale:

Zusammenhangslos ist ein Boden, dessen Kugeln nach dem Abtrocknen von selbst wieder zerfallen, wie der reine grobkörnige Quarzsand.

Sehr locker ist ein Boden, dessen Kugeln 1—10 Pfund Gewicht tragen. Bei 10—25 Pfund Tragkraft locker; bei 26—50 Pfund Tragkraft fast bindig; bei 50—100 Pfund bindig; bei 100—160 Pfunden sehr bindig oder fest — die reineren Thonformen. Die Kugeln waren hiezu auf der heißen Ofenplatte ausgetrocknet.

2) Das Schwinden des Bodens beim Austrocknen ermittelt man leicht durch Messung gekneteter Bodenmasse vor und nach dem Austrocknen. Das mir bekannte Maximum der Durchmesserverringerung ist = 0,6, das andere Extrem = 0.

3) Die Feuchtigkeitscapacität ermittelt man, indem man eine Quantität des zu untersuchenden Bodens auf einem warmen Ofen vollständig abtrocknet, wiegt, darauf mit Wasser anrührt, auf ein Filter gibt, und das Wasser ablaufen läßt. Sobald Wasser nicht mehr tropfenweise vom Filter abläuft, wird der nasse Boden wieder gewogen und aus der Gewichtsdifferenz die Menge des Wassers bestimmt, das er aufzunehmen und festzuhalten vermag. Die Extreme der Feuchtigkeitscapacität 17,5 Gramm Wasser auf 18 Cubikcentimeter Boden zeigt die Dammerde, Stauberde, Gypssand, Gypsthon, Hornfelsboden. Außergewöhnlich geringe Grade zeigte der Boden des Quadersandsteins, der Grauwacke, des Uebergangskalkes und der sandige Meeresboden mit 6—7 Gramm Wasser auf 18 Cubikcentimeter, der bei allen übrigen von mir untersuchten Bodenarten 12—13 Gramm Wasser anhält.

4) Die Hygroskopität. Der Boden wird getrocknet, auf einen Teller ausgebreitet mit dem Teller gewogen, ein kleines Schälchen mit Wasser darauf gesetzt, dem Teller eine passende Glasglocke oder ein irdenes gut schließendes Gefäß aufgesetzt, so daß sich über dem Boden eine stagnirende, mit dem verdunstenden Wasser des Schälchens gesättigte Luft bildet, aus der der Boden die Feuchtigkeit einsaugt. Die höchsten Grade der Wasseraufsaugungsfähigkeit: 6—7 Gramm Gewichtzunahme pro 0,1 Quadratmeter Oberfläche zeigte Dammerde, Torfboden, Stauberde, Gypsthon-, Kreidemergel-, Granitboden und der Trümmerboden des Elm über Muschelkalk. Die geringsten Grade: 0,07—0,14 Gramm pro 0,1 Quadratmeter der sandige Meeresboden, Gypssand, der Boden eines eisenschüssigen Quadersandstein, Verwitterungsboden über Marmor. Geringe Grade: 0,9—1,4 Gramm pro 0,1 Quadratmeter; einige Bodenarten der Grauwacke, des Thonschiefer, der Kreide, des Jurakalkes, des Keuper, des Granit und Porphyr. Der Boden der meisten Granite, Porphyre, des Grünstein, des Hornfels, Thonschiefer, des bunten Sandsteines zeigten mittlere Grade der Hygroskopität.

5) Auch das Vermögen des Bodens, die Feuchtigkeit aus der Tiefe an sich zu ziehen und dadurch sich feucht zu erhalten, ist

von Wichtigkeit. Die Prüfung in dieser Richtung habe ich in der Weise ausgeführt, daß ich einen $1/_2$ Meter hohen Glascylinder, auf dessen Boden eine Glasröhre hinabreicht, die oben in einen Trichter ausläuft, mit der zu untersuchenden Bodenart im lufttrocknen Zustande anfüllte, auf die Bodenoberfläche ein Schälchen mit Schwefelsäure setzte und die Cylindermündung mit einem Glastäfelchen bedeckte. Läßt man dann durch den Trichter Wasser auf den Boden des Cylinders, so gibt die Höhe und die Geschwindigkeit, in welcher das eingegossene Wasser über seine Spiegelfläche hinaus im Boden aufsteigt, den Maßstab für die capillare Aufsaugung, während die Gewichtzunahme der Schwefelsäure und die Geschwindigkeit derselben, die Durchlässigkeit des Bodens für aufsteigenden Wasserdunst nachweist.

Untersuchungen dieser Art können natürlich immer nur relative Resultate ergeben. Reiner Sand, reiner Thon und reiner Humus ergeben in der Regel die Extreme, aus denen eine Scala zu bilden ist, in welche die Resultate der gemengten Bodenarten einzutragen sind.

6) Die Kraft, mit welcher der Boden die Feuchtigkeit zurückhält, mehr oder weniger rasch durch Verdunstung austrocknet, gemessen durch tägliche Wägung der mit Wasser gesättigten, der Zimmerluft gleichzeitig ausgesetzten Bodenarten, ergab sich als außergewöhnlich groß beim Verwitterungsboden des Grünstein, Gabbro, Hornfels, beim Gypsthon, merkwürdiger Weise auch beim Gypssand und bei einem sehr schlechten sandigen Kieferboden. Groß zeigte sie sich beim Boden eines Jurakalkes, Keupers und Thonschiefers; gering bei dem Boden der meisten Granite, Thonschiefer, Marmor, Muschelkalk, Kreide und Grauwacke. Die humusreichen Bodenarten zeigten nur mittlere Grade dieser Eigenschaft. [1]

Alle diese physikalischen Eigenschaften des Bodens beruhen weit weniger auf dem chemischen Bestande seiner Theile als auf dem Zerkleinerungsgrade derselben. Sand und Thon, die in dieser Hinsicht in der Regel die beiden Extreme darbieten, dem Thon das Maximum, dem Sand das Minimum der Consistenz, der Wasseraufnahme, der Hygroskopität ꝛc. gehörend, zeigen ein nahe gleiches Verhalten, wenn der Sand in so feine Theile zerrieben ist, daß sie denen des Thons hierin nahe stehen. Die Bestimmung des Zerkleinerungsgrades zu untersuchender Bodenarten ist daher von Wichtigkeit, indem sich daraus, ohne weitere direkte Untersuchungen, Schlüsse ziehen lassen auf die physikalischen Eigenschaften derselben. Das Instrument, welches ich mir für Untersuchungen dieser Art ersonnen habe, besteht in einem $1/_3$ Meter langen 7 Millimeter weiten Glascylinder, auf dessen Außenseite eine bis 1 Millimeter gehende Theilung vom glatten Boden aufsteigend eingeätzt oder auf einem aufgeklebten Papierstreifen mit Angabe der Centim. und Millimeter verzeichnet ist. In dieser graduirten Glasröhre wird der zu untersuchende Boden mit dem dreifachen Volumen Wasser so lange geschüttelt, bis sich alle Theile desselben getrennt haben. Senkrecht festgestellt, läßt

[1] Eine nähere Darlegung meines Verfahrens bei Bestimmung der physikalischen Eigenschaften des Bodens enthält mein Werk: Vergleichende Untersuchungen über den Ertrag der Rothbuche. Berlin, Förstner. 1847. Ferner ist hierfür zu benutzen: Schübler, Agricultur-Chemie, zweite Auflage, von Krutzsch. Leipzig. 1838.

man den Boden alsdann sich setzen und verzeichnet, mit der Uhr in der Hand, anfänglich in kürzesten, später in längeren Zeiträumen, gleichzeitig Zeit und Höhe des Niedergesetzten. Da das gröbere Korn sich früher zu Boden setzt als das feinere, so erhält man im Zeitmaß des Niederschlags einen sicheren Maßstab für den Zerkleinerungsgrad der Bodentheile.

Ich habe unsägliche Mühen darauf verwendet, in meßbaren Eigenthümlichkeiten der verschiedenen Bodenarten einen Maßstab für direkte Bestimmung der Bodengüte zu finden. Dieß würde der Fall gewesen sein: wenn die Grade ein oder der andern Eigenschaft, wenn Hygroskopität, Consistenz, Humusgehalt, Thongehalt ꝛc. mit den Graden beobachteter Produktionskraft des Bodens in gleichem Maße ab- oder zunehmend sich ergeben hätten. Wenn man nun auch im Allgemeinen sagen kann: daß bis zu einem gewissen Grade der Humus, Thon, der Sand die Fruchtbarkeit des Bodens steigere, daß höhere Grade der Hygroskopität, geringere der Consistenz ꝛc. mit zu den Eigenschaften eines guten Bodens gehören, so ist jede einzelne dieser Eigenschaften doch so wenig maßgebend, daß eine direkte Beurtheilung der Bodengüte zur Zeit noch unausführbar ist. Die Ursache liegt einfach darin, daß die verschiedenen, der Fruchtbarkeit günstigen und ungünstigen Eigenschaften des Bodens sich gegenseitig theils aufheben, theils ersetzen, theils summiren; sie liegt darin, daß die Fruchtbarkeit des Bodens nicht allein von dessen Bestandtheilen und deren Eigenschaften, sondern eben so von einer Menge äußerer, theilweise unmeßbarer Zustände abhängig ist, von der Bodenunterlage, vom Klima, von der Bedeckung mit Pflanzen; darin, daß die Fruchtbarkeit eines Standorts überhaupt relativ und für verschiedene Kulturpflanzen verschieden ist; darin, daß Boden, Unterlage, klimatische Eigenthümlichkeiten selten auf größeren Flächen dieselben sind, oft in geringen Fernen den größten Abänderungen unterliegen; kurz, meine Untersuchungen haben mich zu dem Resultate geführt, nicht allein daß — wie man zu sagen pflegt — beim heutigen Standpunkt der Bodenkunde eine direkte Bodenwürdigung unausführbar sei, sondern daß dieß wohl immer so bleiben werde. Dieses sind jedoch individuelle Ansichten und ich wünsche herzlich, daß andere Beobachter günstigere Resultate ihrer Arbeiten erringen, als sie mir zu Theil geworden sind.

Demohngeachtet bedürfen wir einer Kenntniß der Bodenbestandtheile und ihrer Eigenschaften, wenn es auch nur zum Zwecke einer allgemeinen Begriffsbestimmung der verschiedenen Bodenarten sein sollte, ohne daraus Folgerungen auf die Fruchtbarkeit zu ziehen, deren allein sicherer Maßstab die Resultate verflossener Produktion sind.

Nach der verschiedenen Art und Menge der Bestandtheile unterscheidet man:

1) Thonboden: über 50 Proc. Thon, nicht über 5 Proc. Kalk, nicht über 20 Proc. Humus.

2) Lehmboden: 20—50 Proc. Thon, nicht über 5 Proc. Kalk, nicht über 20 Proc. Humus.

3) Mergelboden: 5—20 Proc. Kalk, nicht über 50 Proc. Thon, nicht über 20 Proc. Humus.

4) Kalkboden: über 20 Proc. Kalk.

5) Sandboden: vorherrschend Sand, nicht über 20 Proc. Thon, nicht über 20 Proc. Kalk, nicht über 20 Proc. Humus.

6) Humusboden: über 20 Proc. Humus.

7) Eisenboden: über 15 Proc. Eisen und Mangan-Oxyde oder Oxydule.

Jede dieser Bodenarten außer dem Humusboden heißt:

humos mit 5—19 Proc. Humus;
humusreich mit 3—5 Proc. Humus;
vermögend mit $1^1/_2$—3 Proc. Humus;
humusarm unter $1^1/_2$ Proc. Humus.

Alle Bodenarten außer Kalk und Mergelboden heißen

kalklos: mit 0—$^1/_2$ Proc. Kalk;
kalkhaltig: mit $^1/_2$—5 Proc. Kalk.

Eisenschüssig heißt ein Boden, der 5—15 Proc. Eisen- oder Manganoxyd enthält.

Der Thonboden heißt
sandig: wenn sein Gehalt an Kieselerde nicht in feiner Zertheilung, sondern in fühlbaren Quarzkörnern besteht; kalkig: wenn er mit Kalksteinbrocken untermengt ist; mergelich: wenn er 4—5 Proc. fein zertheilten Kalk enthält.

Der Lehmboden heißt
sandig: wenn er 70—80 Proc. Sand enthält; mergelich, kalkig: unter denselben Verhältnissen wie der Thonboden.

Der Mergelboden heißt
thonig: mit mehr als 50 Proc. Thon; lehmig: mit 20—50 Proc. Thon; sandig: mit 60—70 Proc. Sand; kalkig: unter denselben Verhältnissen wie der Thonboden.

Der Sandboden heißt
schlecht: bei mehr als 90 Proc. Sand; lehmig: bei 80—90 Proc. Sand; mergelich: mit 2—5 Proc. Kalk. Außerdem unterscheidet man nach dem Bestande der Sandkörner: Quarzsand, Glimmersand, Feldspathsand, Kalksand; nach der Größe der Körner: Staubsand, Grobsand, Gruß, Kies.

Der Sandboden oder der Sandgehalt anderer Bodenarten heißt staubig: wenn die Zertheilung so fein ist, daß sie sich dem Gefühl nicht mehr zu erkennen gibt; feinkörnig: wenn der Sand aus feinen, aber noch fühlbaren Körnern besteht; grobkörnig: wenn die Körner die Größe der Hühnerschrote haben: großkörnig: wenn die Körner den Durchmesser der Schrote Nr. 3—1 haben; grandig oder kiesig: wenn die Größe derselben die der Rehposten übersteigt.

Der Kalkboden heißt
sandig: mit 15—20 Proc. Sand; lehmig: mit 30—40 Proc. Lehm (Sand und Thon); thonig: mit 20—25 Proc. Thon.

Der Humusboden und der Eisenboden heißen
thonig: mit mehr als 50 Proc. Thon; lehmig: mit 20—50 Proc. Lehm; sandig: mit 5—10 Proc. Lehm; mergelig: bei 5—20 Proc. Kalk; kalkig: bei mehr als 20 Proc. Kalk.

Außerdem unterscheidet man:
milden Humus (Waldhumus); sauren Humus (Moorboden); kohligen Humus (Torfboden); adstringirenden Humus (Haideboden); basischen Humus (Stauberde). Die Verschiedenheit dieser Humusarten ist in Voranstehendem erläutert.

Nach dem Grade der Zusammenhangskraft unterscheidet man
leichten Boden: wohin alle Bodenarten mit vielem grobkörnigen Sand oder mit vielem Humus gehören;
losen Boden: der elastische, bei Regenwetter stark aufquellende, sehr dem Auffrieren ausgesetzte entwässerte Torf-, Moor- und Bruchboden;
bindigen Boden: alle Bodenarten mit mittlerer Zusammenhangskraft, wie der feinkörnige lehmige Sandboden, der grobkörnige sandige Lehmboden, der Kalk- und Mergelboden;
schweren Boden: hierher der feinkörnige Lehmboden und der Thonboden mit gröberem Sandgehalt;
zähen Boden: hierher der Thonboden mit geringeren Mengen feinkörnigen Sandes.

Nach dem Verhalten des Bodens zum Humus und zur Herausbildung der Pflanzennahrung aus ihm unterscheidet man:
überthätigen Boden: wenn die Zersetzung des Humus zu rasch vor sich geht, wie im trocknen luftreichen Sandboden und im Kalkboden;
thätigen Boden: wenn die Zersetzung des Humus in einem dem Pflanzenwuchse, wie der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit günstigen Grade vor sich geht, wie im lehmigen Sand, sandigen Lehm, im Lehmmergel und in den gemäßigt feuchten Bodenarten;
träger Boden: wenn wegen zu hohen Thongehaltes, oder wegen zu großer Nässe die Luft nicht in gehörigem Maße auf den Humus einzuwirken vermag, oder wenn wegen geringer Mengen des letzteren oder wegen fester chemischer Verbindung wenig Pflanzennahrung nur langsam entwickelt wird. Hierher der strenge Thonboden, alle nasse Bodenarten, der Haideboden und die Stauberde;
todten Boden: wenn wegen Humusmangel oder wegen Unlöslichkeit des vorhandenen Humus, wegen übergroßer Nässe oder übergroßer Trockenheit gar keine Kulturpflanzen Nahrung und Standort finden, wie im Torfboden, in manchem Gerölleboden, im Flugsande 2c.

2. Von der Beurtheilung des Bodens nach äußeren Kennzeichen.

Bei der Beurtheilung eines Bodens nach äußeren Kennzeichen sind zuvörderst seine Grenzen, das heißt die Beschaffenheit seiner Unterlage und die Eigenthümlichkeiten der ihn bedeckenden Luftschichten, zu würdigen, da von diesen die Fruchtbarkeit in hohem Grade abhängig ist. Es ist dabei das zu beachten, was ich über den Einfluß des Klima, der Lage, der Natur des Untergrundes, der Schichtung und Neigung der Felsmassen früher mitgetheilt habe.

Nächstdem ist die Tiefe der Bodenschicht zu erforschen und zu beurtheilen, ob sie der Verbreitung der Pflanzenwurzeln genügt oder nicht; ob mangelnde

Tiefe durch die Beschaffenheit des Untergrundes ersetzt wird, und welchen Einfluß der Grad der Tiefgründigkeit auf den Feuchtigkeitsgrad des Bodens ausübt.

Nächst der Tiefe des Bodens ist der Gehalt desselben an Steinbrocken höchst wichtig, und dessen Fruchtbarkeit sowohl von der Menge, als von der Natur und Größe derselben abhängig. Ich verweise in dieser Hinsicht auf das, was ich früher über die Zusammensetzung der aus den verschiedenen Gebirgsarten durch Verwitterung hervorgehenden Bodenkrume, und über das Verhalten der unzersetzten Gesteine zur Feuchtigkeit gesagt habe. In sehr vielen Fällen wird der Gebirgsforstwirth schon allein aus der Beschaffenheit der felsigen Unterlage des Bodens, und aus der Natur der dem Boden beigemengten Gesteinbrocken ein annähernd richtiges Urtheil über die Beschaffenheit desselben fällen können. Eine größere Menge solcher Gesteine, die ein günstiges Verhalten zur Feuchtigkeit zeigen, erhöht die Fruchtbarkeit des Waldbodens.

Den Thongehalt eines Bodens erkennt man an dem höheren Zusammenhang desselben, durch ein fettiges Anfühlen, Anhängen an der Zunge, gieriges Einsaugen großer Wassermengen unter Entwicklung eines eigenthümlichen Thongeruches, durch sehr langsame Zertheilung im Wasser und dadurch entstehende Knetbarkeit, durch eine graue, bei Zutritt von Eisenoxyd ins Röthliche übergehende Farbe; ferner durch langsames Austrocknen und dadurch im Boden entstehende Risse und Sprünge.

Den Lehmboden erkennt man durch seinen geringeren Zusammenhang, durch rauheres Anfühlen, leichteres Zerfallen im Wasser, geringere Knetbarkeit und eine meist höher röthliche Färbung.

Den Mergel erkennt man durch den gänzlichen Mangel der Knetbarkeit und sein rasches Zerfallen im Wasser; durch eine mehr ins Graue bis Grauweiße ziehende Farbe, und durch sein Aufbrausen, wenn er mit Säuren übergossen wird, wozu man sich gewöhnlich der Salzsäure bedient.

Den Kalk erkennt man ebenfalls durch heftiges Aufbrausen mit Säuren, durch Lockerheit und eine hellere weißliche bis grauweiße Färbung, die jedoch ebenfalls durch Eisen häufig in Roth, durch bituminöse Stoffe in Schwarzgrau übergeht; durch Mangel der Knetbarkeit und rauhes aber feinkörniges Anfühlen.

Der Sand gibt sich durch die geringsten Zusammenhangsgrade, durch Knirschen zwischen den Zähnen, hartes, körniges Anfühlen, augenblickliches Zerfallen im Wasser und raschen Niederschlag auf dem Grunde des Gefäßes, durch helle, glasige, glänzende, gelblichweiße Farbe zu erkennen, die durch Eisen in Roth, durch Kalküberzug in Weiß, durch Verbindung mit Humus in Schwarz übergeht. Betrachtung mit der Loupe ist hier sehr zu empfehlen, indem man durch sie die Zusammensetzung aus Quarz, Feldspath-, Glimmer-, Kalktheilen und deren Mengenverhältnisse am besten zu beurtheilen vermag.

Den Humus erkennt man an der Lockerheit und großen Leichtigkeit des Bodens, an einem eigenthümlichen Geruch wie frische Gartenerde, am raschen Zerfallen des Bodens im Wasser, welches durch die leichten Humustheile lange Zeit dunkel gefärbt wird, und an der schwärzlichen Farbe, die nach dem Glühen verschwindet.

Der Eisengehalt des Bodens gibt sich stets durch schwächere oder tiefere rothe Färbung zu erkennen.

Um diese Hauptbestandtheile leichter zu erkennen, und ihr Mengungsverhältniß ungefähr beurtheilen zu können, gibt man dem zu untersuchenden Boden in einem cylindrischen Glase das zweifache seines Raums Wasser, rührt fleißig um, läßt das Gemenge 24 Stunden stehen, um eine vollständige Durchdringung und Trennung aller Theile durch das Wasser zu erlangen, rührt darauf abermals tüchtig um und läßt das Glas nun ruhig stehen. Es lagern sich auf dem Grunde des Gefäßes zuerst die gröberen, dann die feineren Sandkörner, dann der gröbere Thon und Kalk, endlich die feineren Thon- und Humustheile schichtenweise ab, und man kann aus dem Verhältniß der Mächtigkeit jeder Schicht ein in den meisten Fällen unseren Zwecken genügendes Urtheil über das Verhältniß und die Natur der Bodenbestandtheile fällen. Man nennt dieß Geschäft das Schlemmen des Bodens.

Endlich hat man das Korn des Bodens, den eigenthümlichen Grad des Zusammenhangs, und den eigenthümlichen Feuchtigkeitsgrad des Bodens, nach dem was ich darüber bereits angeführt habe, zu beurtheilen.

3. Von der Beurtheilung des Bodens nach dem Pflanzenwuchse.

a. Nach dem Vorkommen gewisser Gräser und Kräuter.

Es gibt gewisse Pflanzen, deren Vorkommen entweder an bestimmte Bodenbestandtheile, oder an eine bestimmte Bodenbeschaffenheit gebunden ist, aus deren Vorkommen man daher auf die Beschaffenheit eines Bodens innerhalb gewisser Grenzen zu schließen vermag. Solche Pflanzen heißen bodenstete. Andere Gewächse sind nicht so bestimmt an einen gewissen Boden gebunden, ziehen aber doch bestimmte Bodenarten anderen vor, finden sich dort in größerer Menge und in freudigerm Wuchse; sie heißen bodenholde Pflanzen; endlich gibt es noch andere Gewächse, die an keine Bodenart gebunden sind; sie werden bodenwage Pflanzen genannt. So z. B. die Erle, das Haidekraut, Sonnenthau rc. bodenstet, die Rothbuche, welche den Kalk besonders liebt, würde bodenhold, die Birke hingegen bodenwag genannt werden können.

Pflanzen, welche mehrseitig als charakterisirend für gewisse Standortsverhältnisse aufgeführt werden, sind folgende:

Auf strengem Thonboden.

Betonica officinalis, Potentilla reptans. Lathyrus tuberosus Serratula arvensis, Bromus giganteus.

Auf lockerem, tiefgründigem, gemäßigt feuchtem Lehmboden.

Aquilegia vulgaris, Campanula urticaefolia, Convallaria majalis, Geranium Phaeum; bei größerer Humusmenge: Oxalis acetosellae, Asperula odorota, Pyrola und Anemone.

Auf trockenem Lehmboden.

Arctium Lappa, Chenopodium polyspermum, Lactuca scariola, Saxifraga granulata, Senecio viscosus, Avena tenuis, Bromus sterilis.

Auf unfruchtbarem sandigem Lehmboden.

Spartium, Calunna, Genista, Ononis, Malva sylvestris.

Auf geschütztem Sandboden mit wenig Humus.

Vaccinium und Arbutus, Fragaria, Veronica, Viola, Herniaria; bei steter Feuchtigkeit Farrenkräuter.

Auf trockenem magerem Sandboden.

Elymus arenarius, Arundo arenaria, Carex arenaria, Dianthus arenarius. Verbascum, Festuca bromoides, ovina und glauca, Aira canescens und praecox.

Auf Kalkboden.

Tussilago Farfara, Digitalis purpurea, Rubus caesius, Hypericum montanum, Prunella vulgaris, Hedysarum onobrychis.

Auf Gypsboden.

Gypsophila, Gymnostomum curvirostrum, Urceolaria gypsacea.

Auf Salzboden.

Salicornea herbacea, Chenopodium maritimum, Plantago maritima, Arenaria marina, Glaux maritima.

Auf Bruchboden.

Orchis, Parnassia, Hydrocotyle, Eriophorum, Juncus und Scirpus.

Auf Torfboden.

Erica tetralix, Andromeda polifolia, Myrica Gale, Ledum palustre, Drosera rotundifolia, intermedia, Empetrum nigrum, Vaccinium uliginosum und oxycoccos, Eriophorum-Arten, Holcus mollis.

Unter den genannten Pflanzen sind jedoch nur sehr wenige bodenstet, streng genommen nur einige des Torfbodens, des Gypses, des Salzbodens und des Flugsandes. Das sind aber Bodenarten, deren Vorkommen theils ein sehr beschränktes ist, wie das des Gypses und des salzsauren Natron, die anderntheils an und für sich so schon unverkennbar sind, daß eine Bestimmung ihrer Beschaffenheit aus dem Pflanzenwuchse keine praktische Bedeutung besitzt. Die große Mehrzahl der als bodenhold betrachteten Pflanzen findet sich allerdings häufiger auf den ihnen zugeschriebenen Bodenarten, verbreitet sich aber von diesen aus auch auf andere Bodenarten, wenn sie in der Gegend überhaupt zu Hause ist. Es beweist dieß schon der Umstand, daß wir sie sämmtlich in demselben Garten vereinigen können, ohne ihnen eine entsprechende besondere Bodenmengung zu geben. Außerdem hängt das Auftreten jener Pflanzen von einer Menge anderer Verhältnisse und von Zufälligkeiten ab, so daß wir nicht entfernt schließen dürfen, daß, wo Tussilago oder Gypsophila fehlt, der Boden kein Kalk- oder Gypsboden sei. Die Rothbuche ist eine entschieden kalkholde Pflanze, man würde aber ebenso irren, wenn man überall unter ihr einen Kalkboden voraussetzen wollte.

Bedürfen wir des Pflanzenwuchses nicht um zu erkennen, ob wir einen Torfboden oder Sumpfboden, ob wir Wiesenboden, Gypsboden oder Flugsand vor uns haben, so genügen andererseits die einfachsten direkten Untersuchungen, um zu erfahren, ob wir es mit einem Kalkboden, Thonboden oder Sandboden zu thun haben, und diese direkte Beurtheilung wird uns viel sicherer zur Erkenntniß führen, als das vorhandene Unkraut und der Graswuchs. Das, was uns allein von praktischem Nutzen sein würde, die Beurtheilung der Standortsgüte überhaupt und in Bezug auf die verschiedenen Forstkulturpflanzen, gewährt uns das Vorkommen der sogenannten Standortsgewächse nicht, so weit diese nicht schon aus unmittelbarer Würdigung der Standortsverhältnisse selbst sich ergibt. H. Cotta stellt zwar eine hierauf gegründete Bonitirungsscala hin, und zwar:

1. Bodenklasse: charakterisirt durch das Vorkommen der Waldrebe, Tollkirsche, Sauerklee, kräftig wachsender Ahorne, Eschen, Rüstern.
2. Klasse: obige Gewächse im minder üppigen Zustande, neben fetten und guten Gräsern.
3. Klasse: gewöhnliche Waldgräser, häufig mit Schmielen und Simsen.
4. Klasse: Heidelbeeren, Haide, Preißelbeeren und manche Moosarten.
5. Klasse: die Gewächse der vierten Klasse in sehr dürftigem Zustande und Bedeckung des Bodens mit Flechten.

Es bedarf aber wohl kaum der Erwähnung, daß selbst der in seinen mineralischen Bestandtheilen beste Boden so verwildern und veröden kann, daß er Moose, Heidelbeeren ꝛc. trägt; daß ein hiernach gewürdigt schlechterer Boden für manche Kulturpflanzen der bessere sein kann; daß ein Boden, der der geringen Wurzelverbreitung der Gräser und Kräuter vollkommen genügt und diese im besten Wuchse erhält, für die reichliche und normale Bewurzelung unserer Waldbäume durchaus ungenügend sein kann. Für die Waldrebe, für die Tollkirsche und für fette Gräser sehr guter Boden, kann für die Eiche und Buche ein sehr schlechter sein. Erstere erheben ganz andere Ansprüche an den Boden als letztere, können daher auch nicht als Maßstab der Bodengüte für letztere dienen. Sehr ausführlich ist dieser Gegenstand in neuester Zeit von Ratzeburg behandelt worden: Die Forstunkräuter und forstlichen Standortsgewächse, Berlin 1859, allerdings in einer, der Meinigen entgegengesetzten Ansicht.

b. Nach dem auf dem Boden befindlichen Holzwuchse.

Ein sichereres Mittel der Bonitirung des Bodens bietet uns der auf ihm wachsende Holzbestand, der mehr oder minder kräftige Wuchs der Holzpflanzen, und die, durch dieselben binnen einer Reihe von Jahren erzeugte Holzmasse. Sicherer ist diese Beurtheilung der Bodengüte darum, weil sich in dem vorhandenen Holzbestande nicht allein die Bodengüte, sondern überhaupt der mehr oder minder günstige Einfluß aller auf den Holzwuchs einwirkenden örtlichen Verhältnisse, die Gesammtwirkung des Klima, der Lage und des Bodens ausspricht. Die Bodengüte ist stets nur ein einzelner Faktor der Standortsgüte, wir wollen aber in den meisten Fällen nicht diesen, nicht die Bodengüte allein, sondern die Standortsgüte überhaupt kennen lernen.

Leider ist aber auch die Anwendung dieser Beurtheilungsweise, selbst auf Orte, die mit Holzbeständen bewachsen sind, und auf denen keine Veränderung der bisherigen Betriebsweise stattfinden soll, sehr beschränkt. Sie setzt nämlich voraus:

1) Daß der gegenwärtige Bestand unter normalen Verhältnissen herangewachsen ist, daß er keine außergewöhnlichen Störungen in seiner Gesundheit und in seinem Wuchse durch äußere, nicht von den Eigenthümlichkeiten des Standorts herrührende Ereignisse erlitten habe. Ein Bestand, der in der Jugend häufig vom Wildpret oder Vieh verbissen wurde, der bis ins vorgerückte Alter unter übermäßigem Drucke erwuchs; ein Bestand, der wiederholt von Insekten, Feuer, Diebstahl heimgesucht wurde, der einer übermäßigen Streunutzung unterworfen war, kann natürlich keinen Weiser für die Standortsgüte abgeben.

2) Daß die Bodenverhältnisse sich seit dem Leben des vorfindlichen Bestandes nicht bedeutend verändert haben. Besonders häufig ist dieß rücksichtlich des Gehaltes an Humus und Feuchtigkeit der Fall. Große Humusmengen, erzeugt durch geschlossenen Waldbestand und beschränkte oder gänzlich fehlende Benutzung desselben, können auch dem unfruchtbarsten Boden hohe Grade der Fruchtbarkeit ertheilen; wird durch gesteigerte Bedürfnisse und erhöhte Benutzung die Humusmenge und mit dieser die in vielen Fällen von ihr abhängige Feuchtigkeit des Bodens verringert, so trägt dieser einen Holzbestand, dessen Bild keineswegs der gegenwärtigen Standortsgüte entspricht. Natürlich kann ebenso auch eine Steigerung des Humusgehaltes und dadurch der Feuchtigkeit ein Mißverhältniß zwischen der Standortsgüte und dem darauf vorfindlichen Bestandsbilde herbeiführen.

Aber selbst beim Bestehen dieser beiden Voraussetzungen ist die Beurtheilung der Standortsgüte aus dem Holzwuchse immer noch dadurch beschränkt, daß dieselben Standortsverhältnisse einen ganz verschiedenen Einfluß auf den Wuchs der Holzbestände in verschiedenem Alter äußern können. Auf manchen Bodenarten ist der Holzwuchs in der Jugend der Bestände trefflich, sinkt aber mit vorschreitendem Bestandsalter früher oder später unverhältnißmäßig gegen Bestände auf anderem Boden, deren Wuchs sich in der Jugend weit weniger freudig zeigte. So können wir daher unter obigen Bedingungen aus den Holzmassen älterer Bestände mit Sicherheit den Grad der Standortsgüte bemessen, mit geringerer Sicherheit jüngere Orte hierzu benutzen, wenigstens nicht ohne Untersuchung derjenigen Verhältnisse, welche ein Zurückbleiben der Bestände im höheren Alter vorzugsweise veranlassen: Flachgründigkeit des Bodens und klimatische Verhältnisse.

So beschränkt daher die Bonitirung des Waldbodens nach dem darauf befindlichen Holzwuchse ist, so nothwendig es dadurch wird, auch zur unmittelbaren Anschauung und Untersuchung der auf den Holzwuchs einwirkenden Standortsverhältnisse Zuflucht zu nehmen, findet sie dennoch eine ausgedehntere Anwendung, als nach dem Vorhergesagten zuläßig zu sein scheint. Der Blick und das Gefühl des erfahrenen Forstmannes wird auch ohne strenges Anhalten an die Resultate der verflossenen Erzeugung fast überall ein, wenigstens annähernd, richtiges Urtheil über Standortsgüte aus dem Holzbestande zu fällen wissen, da es aus dem Zusammenwirken

gar vieler, im Einzelnen unscheinbarer, sinnlicher Eindrücke hervorgeht. Nicht allein das üppige Grün der Blätter, die Glätte und Reinheit der Stämme, die volle Belaubung, sondern auch der Duft und die Luft, die wir einathmen, Licht und Dunkel, Wärme und Kühlung erzeugen ein Gefühl, welches den mit dem Walde vertrauten Forstmann oft richtiger leitet, als eine rationelle Kombination aller äußeren Merkmale.

Bei der Beurtheilung einer Standortsgüte nach dem darauf vorfindlichen Holzwuchse, insofern der Bestand den oben aufgestellten Bedingungen entspricht, es also zulässig ist, aus der vorhandenen Holzmasse und Stammzahl auf die Erzeugungsfähigkeit des Standortes zu schließen, bedürfen wir eines Maßstabes aus der Erzeugungsfähigkeit der Bestände unter den günstigsten, unter weniger günstigen und unter ungünstigen Standortsverhältnissen. Einen solchen Maßstab gewähren uns die G. L. Hartig'schen Erfahrungstafeln über den Holzwuchs der Bestände in verschiedenem Alter und auf verschiedenem Boden, oder vielmehr Standortsklassen, da in ihnen nicht allein die vorgefundene Erzeugung, sondern auch eine Charakteristik der untersuchten Bestände in Angabe der Stammzahl, der verschiedenen Stammklassen und Stammstärken gegeben ist, deren wir für vorliegenden Zweck nothwendig bedürfen. Ich gebe daher diese Erfahrungstafeln für unsere Zwecke bearbeitet in folgenden Tabellen:[1]

[1] Der rheinländische, oder magdeburger, oder preußische Morgen, der den nachfolgenden Tabellen zum Grunde liegt, ist = 0,255322 Hektar. Da die Tabellen überall nur Durchschnittzahlen geben, ist es nicht wesentlich gefehlt, wenn man den Morgen gleich $^1/_4$ Hektar annimmt, also die den Tabellen zum Grunde liegende Flächengröße unverändert läßt. Demzufolge bleiben die in den Tabellen aufgeführten Stückzahlen unverändert, müssen aber, wie die auf Kubikmeter umgerechneten Ertragsziffern, mit 4 multiplicirt werden, wenn man den Ertrag eines Hektar wissen will.

Der Umrechnung der Kubikfuße in Kubikmeter müßte die Reduktionsziffer 0,030915 zum Grunde gelegt sein. Für den hier vorliegenden Zweck ist die Abrundung auf 0,031 zulässig, mit welcher Zahl der Ertrag in Kubikfußen multiplicirt ist, um den Ertrag in Kubik-Festmetern zu erhalten.

Tab. I.

Eichenboden (im Hochwaldbetriebe).

Boden-klasse.	Bestandsalter.	Holzbestand nach der Durchforstung.								Die Durchforstungs-nutzung beträgt	Holzmasse vor der Durchforstung.
		Stämme erster Größe.		Stämme zweiter Größe.		Stämme dritter Größe.		Summe der Stämme.	Summe der Kubikmeter.		
		Stück-zahl.	Kubik-inhalt.	Stück-zahl.	Kubik-inhalt.	Stück-zahl.	Kubik-inhalt.				
	Jahre.	Stück.	Kubm.	Stück.	Kubm.	Stück.	Kubm.	Stück.	Kubm.	Kubm.	Kubm.
I. Gut.	40	400	0,04	800	0,01	—	—	1200	24,80	—	24,80
	60	200	0,19	200	0,06	—	—	400	49,60	6,24	55,80
	80	100	0,37	100	0,25	100	0,09	300	71,30	6,24	77,50
	100	50	0,62	50	0,56	100	0,31	200	90,00	12,48	102,30
	120	50	0,93	50	0,81	50	0,43	150	108,50	18,72	127,10
	140	25	1,40	25	1,24	50	1,05	100	118,57	28,08	146,47
	160	25	1,86	25	1,67	25	1,30	75	121,00	31,20	152,00
	180	25	2,42	25	1,98	—	—	50	107,72	37,44	146,00
	200	25	2,79	25	2,33	—	—	50	127,87	—	127,87
II. Mittel.	40	400	0,03	800	0,01	—	—	1200	16,52	—	16,52
	60	200	0,12	200	0,04	—	—	400	32,55	5,60	36,89
	80	100	0,31	100	0,19	100	0,06	300	56,20	5,60	60,14
	100	50	0,56	50	0,50	100	0,24	200	77,50	9,36	86,80
	120	50	0,87	50	0,68	50	0,37	150	96,10	15,60	111,60
	140	25	1,18	25	1,11	50	0,87	100	100,75	23,25	124,00
	160	25	1,55	25	1,36	25	1,05	75	99,20	24,96	124,00
	180	25	1,86	25	1,55	—	—	50	95,25	31,20	116,25
	200	25	2,42	25	1,86	—	—	50	104,56	—	104,63
III. Schlecht.	40	150	0,03	250	0,02	1200	—	1600	15,10	—	15,10
	60	150	0,09	250	0,03	200	0,02	600	57,00	2,17	27,87
	80	50	0,24	100	0,15	250	0,06	400	43,40	4,65	48,05
	100	50	0,37	100	0,22	150	0,08	300	51,92	6,93	59,00
	120	50	0,56	100	0,31	150	0,11	300	75,14	—	75,14

Tab. II.

Buchenboden (im Hochwaldbetriebe).

Boden-klasse.	Bestandsalter.	Stämme erster Größe Stückzahl	Kubikinhalt	Stämme zweiter Größe Stückzahl	Kubikinhalt	Stämme dritter Größe Stückzahl	Kubikinhalt	Summe der Stämme	Summe der Kubikmeter	Die Durchforstungsnutzung beträgt	Holzmasse vor der Durchforstung
I. Gut.	40	300	0,06	300	0,03	600	0,01	1200	37,20	—	37,20
	60	150	0,24	150	0,09	100	0,04	400	54,93	6,51	61,53
	80	100	0,45	50	0,13	150	0,10	300	75,18	6,24	81,37
	100	50	0,74	50	0,26	50	0,43	150	90,00	18,72	108,50
	120	60	1,12	50	0,39	50	0,50	150	127,10	—	127,10
II. Mittel.	40	300	0,04	300	0,01	800	0,01	1400	24,80	—	24,80
	60	150	0,19	150	0,06	200	0,02	500	40,30	5,60	44,64
	80	50	0,38	100	0,24	150	0,10	300	57,35	6,24	63,55
	100	50	0,62	50	0,48	50	0,31	150	71,30	16,28	85,58
	120	50	0,93	50	0,72	50	0,43	150	105,40	—	105,40
III. Schlecht.	40	150	0,04	300	0,02	1150	0,01	1600	22,84	—	22,84
	60	150	0,12	300	0,04	150	0,01	600	34,10	2,20	36,27
	80	50	0,24	100	0,16	250	0,06	400	43,40	4,65	48,05
	100	50	0,36	100	0,22	150	0,08	400	59,68	—	59,68

Tab. III.
Birkenboden (im Hochwaldbetriebe).

Boden-klasse.	Bestandsalter.	Holzbestand nach der Durchforstung.								Die Durchforstungs-nutzung beträgt	Holzmasse vor der Durchforstung.
		Stämme erster Größe.		Stämme zweiter Größe		Stämme dritter Größe.		Summe der Stämme.	Summe der Kubikmeter.		
		Stückzahl.	Kubikinhalt.	Stückzahl.	Kubikinhalt.	Stückzahl.	Kubikinhalt.				
	Jahre.	Stück.	Kubm.	Stück.	Kubm.	Stück.	Kubm.	Stück.	Kubm.	Kubm.	Kubm.
I. Gut.	20	200	0,03	200	0,02	800	0,01	1200	15,50	—	15,50
	40	50	3,72	150	1,86	200	0,31	400	52,70	6,51	59,21
	60	50	5,58	150	2,80	200	0,62	400	82,15	—	72,15
II. Mittel.	20	200	0,08	200	0,01	800	0,01	1200	10,85	—	10,85
	40	50	2,48	150	1,24	200	0,02	400	35,65	4,34	40,00
	60	50	3,72	150	1,86	200	0,47	400	58,90	—	58,90
III. Schlecht.	20	150	0,02	250	0,01	1000	—	1400	8,12	—	8,12
	40	50	1,86	150	0,93	200	0,12	400	26,35	2,17	28,52
	60	50	3,72	150	1,24	200	0,31	400	43,40	—	43,40

Tab. IV.
Erlenboden (im Hochwaldbetriebe).

Boden-klasse.	Bestandsalter.	Stückzahl.	Kubikinhalt.	Stückzahl.	Kubikinhalt.	Stückzahl.	Kubikinhalt.	Summe der Stämme.	Summe der Kubikmeter.	Die Durchforstungs-nutzung beträgt	Holzmasse vor der Durchforstung.
I. Gut.	20	200	0,03	200	0,02	800	0,01	1200	15,50	—	15,50
	40	50	4,34	150	2,17	200	0,04	400	62,60	6,51	70,06
	60	50	6,20	150	3,10	200	0,06	400	90,00	—	90,00
II. Mittel.	20	200	0,02	200	0,01	800	0,01	1200	10,85	—	10,85
	40	50	2,80	150	1,60	200	0,03	400	43,40	4,34	47,74
	60	50	5,00	150	2,40	200	0,04	400	71,30	—	71,30
III. Schlecht.	20	150	0,02	250	0,01	1000	0,01	1400	10,00	—	10,00
	40	50	2,17	150	1,20	200	0,02	400	34,10	2,17	36,27
	60	50	4,34	150	1,60	200	0,03	400	51,15	—	51,15

Tab. V.
Kiefernboden.

Boden-klasse.	Bestandsalter.	Stückzahl.	Kubikinhalt.	Stückzahl.	Kubikinhalt.	Stückzahl.	Kubikinhalt.	Summe der Stämme.	Summe der Kubikmeter.	Die Durchforstungs-nutzung beträgt	Holzmasse vor der Durchforstung.
I. Gut.	20-25	150	0,07	150	0,03	1300	—	1600	23,00	14,88	37,85
	40	150	2,48	150	0,09	500	0,02	800	54,30	6,24	62,50
	60	50	6,20	100	3,41	150	1,20	300	81,28	10,24	91,91
	80	50	9,30	100	5,00	50	2,48	200	108,50	16,43	124,93
	100	50	12,40	50	6,82	50	5,58	150	124,00	16,43	140,43
	120	50	15,50	50	9,30	50	6,20	150	160,58	—	160,58
II. Mittel.	20-25	200	0,05	200	0,02	1400	—	1800	20,92	9,36	30,22
	40	150	1,60	150	0,06	600	0,01	900	37,20	4,65	41,85
	60	50	5,00	100	2,48	150	0,08	300	62,37	7,44	69,81
	80	50	7,44	100	4,72	50	1,80	200	83,40	13,18	96,88
	100	50	10,00	50	5,58	50	4,34	150	99,20	12,87	112,06
	120	50	12,40	50	6,82	50	5,00	150	125,55	—	125,55
III. Schlecht.	20-25	200	0,03	200	0,01	1400	—	1800	13,64	8,68	22,32
	40	200	0,07	200	0,05	500	0,01	900	27,37	4,03	31,40
	60	50	4,72	100	1,80	250	0,06	400	52,70	5,27	48,00
	80	50	5,00	100	2,48	—	—	150	49,60	18,30	67,90
	100	50	6,20	100	3,10	—	—	150	64,48	—	64,48

Tab. VI.
Fichtenboden.

Bodenklasse.	Bestandsalter.	Holzbestand nach der Durchforstung. Stämme erster Größe. Stückzahl.	Stämme erster Größe. Kubikinhalt.	Stämme zweiter Größe. Stückzahl.	Stämme zweiter Größe. Kubikinhalt.	Stämme dritter Größe. Stückzahl.	Stämme dritter Größe. Kubikinhalt.	Summe der Stämme.	Summe der Kubikmeter.	Die Durchforstungsnutzung beträgt	Holzmasse vor der Durchforstung.
	Jahre.	Stück.	Kubm.	Stück.	Kubm.	Stück.	Kubm.	Stück.	Kubm.	Kubm.	Kubm.
I. Gut.	25-30	200	0,06	200	0,03	1400	—	1800	20,93	15,60	44,18
	40	200	2,40	200	1,20	400	0,05	800	93,00	9,36	102,30
	60	100	5,58	100	4,34	200	1,50	400	130,20	13,02	143,22
	80	100	9,92	100	6,20	100	2,15	300	183,00	17,36	200,26
	100	50	16,00	50	14,26	100	7,44	200	233,20	22,94	246,14
	120	50	21,70	50	18,60	100	9,30	200	294,50	—	294,50
II. Mittel.	25-30	200	0,05	200	0,02	1400	—	1800	16,03	11,78	27,80
	40	200	1,50	200	0,09	400	0,02	800	55,80	7,75	63,55
	60	100	3,72	100	2,40	200	0,09	400	80,60	6,51	87,11
	80	100	7,44	100	4,34	100	1,40	300	131,75	8,68	140,43
	100	50	12,40	50	10,54	100	5,58	200	170,50	13,02	183,52
	120	50	17,05	50	14,26	100	6,82	200	214,75	—	223,75
III. Schlecht.	30	200	0,03	200	0,01	1400	—	1800	10,00	6,24	16,12
	40	200	1,00	200	0,05	600	0,01	1000	34,10	4,65	38,75
	60	100	2,40	100	1,68	400	0,05	600	62,00	2,17	64,17
	80	50	5,58	50	4,96	100	2,40	200	77,50	13,02	90,52
	100	50	8,68	50	6,20	100	3,10	200	105,40	—	105,40

Tab. VII.
Boden (im Niederwaldbetriebe).

Holzart.	Bodenklasse.	Umtriebszeit. 6—8=	20=	30=	40=
		jähriger Durchschnittsertrag.			
		Kubikmeter.	Kubikmeter.	Kubikmeter.	Kubikmeter.
Eiche	I. gut	—	1,0	0,7	0,7
	II. mittel	—	0,6	0,5	0,5
	III. schlecht	—	0,5	0,4	0,4
Buche	I. gut	—	0,7	0,8	0,8
	II. mittel	—	0,6	0,6	0,6
	III. schlecht	—	0,5	0,5	0,5
Hornbaum	I. gut	—	1,2	1,1	—
	II. mittel	—	?	0,8	—
	III. schlecht	—	?	0,6	—
Birke	I. gut	—	1,0	0,7	0,6
	II. mittel	—	0,6	0,5	0,4
	III. schlecht	—	0,5	0,4	0,3
Erle	I. gut	—	1,5	1,7	1,5
	II. mittel	—	1,1	1,2	1,1
	III. schlecht	—	0,7	1,0	0,8
Weide	I. gut	58	34,2	—	—
	II. mittel	33	—	—	—
	III. schlecht	22	—	—	—
Harte Laubhölzer gemengt	I. gut	—	0,7	0,8	0,8
	II. mittel	—	0,6	0,6	0,6
	III. schlecht	—	0,3	0,5	0,5

In vorstehenden Tabellen ist eine Durchforstung ohne Unterbrechung des Kronenschlusses, nach den im folgenden Haupttheile aufgestellten allgemeinen Grundsätzen, für den Niederwald volle Bestockung, für den Hochwald vollkommener Bestand angenommen.

Es würde hiernach ein Eichenboden gut genannt werden, wenn er auf $1/4$ Hektar oder auf dem magdeb. Morgen bei vollem Bestande im 40sten Jahre nach der Durchforstung noch 1200 Stämme mit 24,8 Kubikmeter enthält; er würde schlecht genannt werden, wenn er bei vollem Bestande von 400 Stämmen im 80ten Jahre 48 Kubikmeter enthält. Der Eichenboden würde sehr gut heißen, wenn sein Ertrag den Ansatz für den Ertrag des guten Bodens um mehr als die Hälfte der Differenz zwischen dem Ertrage des guten und mittlern Bodens, z. B. im Eichen-Niederwalde von 20jährigem Umtriebe um mehr als 0,15 Kubikmeter übersteigt; man würde ihn vorzüglich gut nennen, wenn sein Ertrag den Ansatz für den Ertrag des guten Bodens um die volle Differenz zwischen dem Ertrage des guten und des mittlern Bodens, im bezeichneten Falle um mehr als 0,31 Kubikmeter übersteigt. Ebenso würde ein Eichen-Niederwaldboden sehr schlecht genannt werden, wenn bei 20jährigem Umtriebe sein Ertrag um mehr als 0,08 Kubikmeter, er würde vorzüglich schlecht genannt werden, wenn sein Ertrag um mehr als 0,15 Kubikmeter hinter dem Ansatze für den schlechten Boden zurückbleibt. Der Eichenboden würde fast gut zu nennen sein, wenn er mehr als die Mittelzahl zwischen der Holzmasse des guten und des Mittelbodens; fast schlecht, wenn er weniger als das Mittel zwischen mittel und schlechtem Boden an Holzmasse erzeugt.

Es kommt hierbei natürlich gar nicht darauf an, ob die in Ansatz gebrachten Ertragsmassen wirklich Mittelzahlen aus den bisher gemachten und noch zu machenden Untersuchungen über den Holzgehalt der Bestände im verschiedenen Alter sind. Bei Anwendung der Ertragstafeln auf Zuwachsermittelungen an gegenwärtig jungen Beständen ist dieß allerdings von größter Wichtigkeit; hier benutzen wir die Ansätze nur als Maßstab der Bodengüte und als ein Mittel, die Grade derselben in Verhältnißzahlen ausdrücken zu können.

Viertes Kapitel.

Vom Verhalten des Bodens zum Holzwuchse.

In den vorhergehenden Kapiteln haben wir die einzelnen Bodenbestandtheile, ihre Beschaffenheit und Eigenschaften, die Wirkung, welche jeder einzelne auf die übrigen Bestandtheile, theils unmittelbar auf das Pflanzenleben ausübt, so wie die mannigfaltigen Einflüsse der unteren und oberen Bodengrenze auf die Natur des Bodens und dessen Fruchtbarkeit kennen gelernt; es bleibt uns hier nur noch übrig, eine Uebersicht des Ganzen, eine Darstellung der Gesammtwirkung aller Einzeltheile zu geben.

Bedingung der Fruchtbarkeit eines Bodens ist:

1) Die Lockerheit des Gemenges, vorzugsweise um der Luft Zutritt zu den Pflanzenwurzeln und zu denjenigen Bodenbestandtheilen zu gewähren, welche nur durch Zutritt der Luft in einen Zustand versetzt

werden, indem sie in Wasser auflöslich und zur Pflanzenernährung geschickt sind. Die, auch der kräftigen Wurzelausbildung und Wurzelverbreitung förderliche Lockerheit des Bodens hängt nur von einem günstigen Mengungsverhältnisse der bindenden und der lockeren Bodenbestandtheile ab; sie kann aber durch zu großes Uebergewicht der letzteren auch nachtheilig werden, wenn sie einen solchen Grad erreicht, daß die übergroße Luftmasse und der rasche Luftwechsel im Boden den Humus zu rasch verflüchtigt, die Feuchtigkeit in zu hohem Maße verdunsten läßt, und den Holzpflanzen keinen festen Standort zu gewähren, wie sich selbst nicht in ihrer Lage zu erhalten vermag (Flugsand, Schwemmsand).

2) Die Tiefe der Bodenkrume, von welcher sowohl die Ausdehnung des unterirdischen Ernährungsraumes der Pflanzen, wie auch die ungehinderte freie und natürliche Entwicklung der Pflanzenwurzeln abhängig ist. Besonders wichtig wird die Bodentiefe für das Gedeihen aller in sehr gedrängtem Stande beisammen wachsenden Pflanzen, da diese sich gegenseitig in der horizontalen Wurzelverbreitung behindern, was um so nachtheiliger wirken muß, je weniger die Pflanze den Mangel an Ernährungsraum durch Eindringen in die Tiefe sich zu ersetzen vermag. Endlich ist von der Tiefe des Bodens in vielen Fällen der feste Stand der Holzpflanzen und der Feuchtigkeitsgrad des Bodens abhängig. (Vergl. Kapitel 1.)

3) Ein günstiger Feuchtigkeitsgrad, nicht allein nach Menge des Bodenwassers, sondern auch nach Beständigkeit desselben. Die Feuchtigkeit des Bodens ist nicht allein unmittelbares Bedürfniß der Pflanze, sondern auch nöthig zur Herausbildung der Pflanzennahrung, sie erhöht ferner den Zusammenhang der Bodentheile und mildert den zu großen Luftzutritt und Luftwechsel im Boden. In zu hohem Maße schadet sie besonders durch Verdrängen der Luft aus dem Boden. Abhängig ist der Feuchtigkeitsgrad des Bodens nicht allein von der Bodenunterlage und vom Klima, sondern auch von der Beschaffenheit des Bodens selbst, von seiner Lockerheit, Tiefe, von seinem Mischungsverhältniß aus verschiedenartigen Bestandtheilen und deren uns bereits bekanntem, abweichenden Verhalten zur Feuchtigkeit, so wie von der Bedeckung des Bodens durch Pflanzenwuchs.

Lockerheit, Tiefe und Feuchtigkeit sind die drei Hauptfaktoren der Fruchtbarkeit unseres Waldbodens. Ein in günstigem Grade lockerer, tiefgründiger, beständig und gemäßigt feuchter Boden, seine Beschaffenheit mag übrigens noch so verschieden sein, entspricht stets dem Wuchse der meisten unserer Waldbäume, auch ohne eine Spur von Humus, den sich, bei sorgfältiger Wirthschaft, die Bestände selbst in immer steigender Menge erzeugen, so daß selbst der ausgewaschene See- und Flußsand durch den Anbau geeigneter Holzarten in wenig Decennien eine reichliche Beimengung dieses Stoffes erhält.

Die Fruchtbarkeit des Bodens ist ferner abhängig

4) von der Natur und dem Mengungsverhältniß der mineralischen Bestandtheile des Bodens und vom Humusgehalte desselben. Beide, die mineralischen Bestandtheile und der Humus, sind schon dadurch von größtem Einflusse, daß von ihrer Beschaffenheit und Menge Lockerheit, Tiefe und Feuchtigkeitsgrad des Bodens größtentheils und in den meisten Fällen abhängig sind. Dieß rein physikalische Verhalten der

Bodenbestandtheile erscheint mir von ungleich größerem Einflusse auf Bodenfruchtbarkeit, als die chemische Thätigkeit derselben, und diese Ansicht möchte ich, wenn allein vom Verhalten des Bodens zum Gedeihen der Holzpflanzen die Rede ist, welche, wie ich im ersten Abschnitte erwiesen zu haben glaube, ihren Kohlenstoff vorzugsweise aus der Luft beziehen, selbst bis auf den Humus ausdehnen, dessen in jeder Hinsicht günstiges physikalisches Verhalten wir bereits kennen gelernt haben.

Es ist jedoch wohl nicht zu bezweifeln, daß der Humus auch durch die aus ihm sich entwickelnde Pflanzennahrung zur Fruchtbarkeit des Bodens wesentlich mitwirke; daß Kohlensäure aus dem Boden durch die Wurzel unmittelbar in die Pflanze übergehe. Die Herausbildung der Pflanzennahrung aus dem Humus wird aber, wie ich gezeigt habe, durch chemische Verbindung desselben mit den mineralischen Bestandtheilen des Bodens zu humussauren, im Wasser leicht auflöslichen Salzen, wesentlich gefördert, und in dieser Richtung erhalten daher auch die chemischen Eigenschaften der mineralischen Bodenbestandtheile Einfluß auf die Fruchtbarkeit des Bodens, indem sie die Thätigkeit des Bodens, d. h. die Kraft, mit welcher der Boden auf Herausbildung der Pflanzennahrung aus dem Humus wirkt, bestimmen.

Gestützt auf die Erfahrungen, daß viele der mineralischen Bodenbestandtheile auch in den Pflanzen gefunden werden, daß das Vorkommen mancher Pflanzen (bodenstete) an das Vorhandensein gewisser Bodenbestandtheile gebunden ist, hat man in neuester Zeit den Satz aufgestellt: daß diese in der Pflanzenasche sich findenden, aus dem Boden aufgenommenen Mineralien ein wesentlicher Bestandtheil der Pflanzennahrung seien, daß das Gedeihen der Pflanze von der Aufnahme dieser Stoffe, daher vom Vorhandensein und der Auflöslichkeit derselben auch die Fruchtbarkeit des Bodens abhängig sei. Die Aufnahme der Kieselerde, Kalkerde 2c. aus dem Boden durch die Wurzeln der Pflanze ist nicht in Abrede zu stellen, dahingegen noch nicht zur Genüge erwiesen, daß von der Menge und Löslichkeit dieser Stoffe im Boden das freudige Gedeihen der Pflanzen abhängig sei, im Gegentheil stehen dieser Annahme noch viele Erfahrungen entgegen, besonders die Thatsache: daß *jedem* Boden, allein schon durch den jährlichen Regenniederfall, eine dem Bedürfniß der Pflanzen entsprechende Menge löslicher mineralischer Stoffe zugesichert wird, und der Satz: der Humus wirke dadurch befruchtend, daß er, durch seine Verbindung mit den mineralischen Bestandtheilen des Bodens, diese im Wasser auflöslich und zum Uebergange in die Pflanze geschickt mache, läßt sich bei der Wechselwirkung beider Stoffe mit demselben Recht umgekehrt aufstellen, indem man sagt: die mineralischen Bestandtheile wirken in ihrem chemischen Verhalten nur dadurch befruchtend, daß sie den Humus auflösen.

Fünftes Kapitel.

Vom Verhalten der wichtigeren Holzarten zum Boden.

1. Die Rothbuche.

Der ihr entsprechende Boden kann einen ziemlichen Grad des Zusammenhangs besitzen, ohne daß die Buche im Wuchse zurückbleibt. Sie gedeiht

selbst auf dem bindenderen Thonboden, am besten allerdings auf Lehmboden, selbst auf sandigem Lehm. Die reinen Thonformen sind ihr schädlich, und veranlassen ein frühes Absterben. Sandboden wird nur durch hohe Feuchtegrade des Untergrundes und starken Humusgehalt für die Rothbuche tauglich; manche tiefliegende Reviere an der Seeküste zeigen aber, daß sie unter obigen Bedingungen auch dem Sandboden nicht abhold ist (Zingst, Darst 2c.). Ganz besonders gut sagt der Rothbuche der Trümmerboden über Kalkgebirgen zu. Unter den Gebirgsarten liefern außer den lehmhaltigen Kalk- und Gypsgesteinen besonders der Basalt und die besseren Granite einen guten Buchenboden, der auch aus vielen Sandsteinarten, besonders denen mit gemengt thonigem und kalkigem Bindemittel hervorgeht (bunter Sandstein und rothes Todtliegendes).

Humusreichthum des Bodens ist der Buche mehr als allen übrigen Holzarten nöthig, vorzugsweise auf Grund ihrer flachen Wurzelverbreitung. Der geschlossene Stand der Buche, ihre reiche Belaubung, das markige Blatt, sichern dem Boden bei wirthlicher Behandlung der Bestände einen hinreichenden Humusgehalt.

Hohe Feuchtigkeitsgrade sind der Buche zuwider. Wir sehen sie selbst an mäßig feuchten Bachrändern und Wiesen, wo Ahorne und Eschen freudig vegetiren, zurückbleiben. Nur im lockern Sande verträgt sie einen höheren Feuchtigkeitsgrad.

Bei der flach verlaufenden Wurzel nimmt die Buche mit wenig Bodenkrume vorlieb, doch ist sie nicht so genügsam wie die Fichte.

2. Die Eiche.

Verträgt eben so hohe Consistenzgrade als die Rothbuche, begnügt sich aber mit leichterem Boden als jene. Sandiger Lehmboden und lehmiger Sandboden, wie er im Meeresboden sich häufig findet, im Gebirge der aus Grauwacke, Sandsteingebilden, quarzreichem Granit, Gneiß- und Glimmerschiefer hervorgegangene Boden, sagen der Eiche zu, wenn der Boden hinlänglich tiefgründig ist. Tiefgründigkeit des Bodens ist eine Hauptbedingung ihrer kräftigen Vegetation im Hochwalde, daher sie dann vorzugsweise in den Lehmlagern des Meeresbodens und in den Flußniederungen heimisch ist. Im Gebirge liebt die Eiche die welligen bodenreichen Vorberge und Gebirgsthäler. Die Traubeneiche soll mit leichterem Boden vorlieb nehmen als die Stieleiche. Als Schlagholz nehmen beide mit flachgründigerem Boden als selbst die Rothbuche vorlieb. Nasser Boden ist der Eiche im Allgemeinen zuwider, doch kommen mitunter merkwürdige Ausnahmen vor. Man trifft nicht selten riesenmäßige Eichen im Bruchboden, der allem Anscheine nach immer Bruchboden war. Auch habe ich junge Eichenanpflanzungen von außergewöhnlich freudigem Wuchse in einem Bruchboden zwischen Erlenstöcken gefunden, welcher auf 0,25 Meter Wasser zog.

Da die Eiche wenig Laub trägt, sich im höheren Alter licht stellt, und in dem ihr gewöhnlich gestellten hohen Umtriebe einer größeren Summe von Gefahren ausgesetzt ist, welche ebenfalls zur Auslichtung der

Bestände mitwirken, verbessert sie den Boden wenig, und wird daher am besten im Gemenge mit anderen, den Boden bessernden Holzarten, namentlich mit der Rothbuche, erzogen.

3. Die Birke.

Gedeiht am besten auf einem lehmigen Sandboden, besonders wenn der Sand grobkörnig — Grand — ist. Die bindenden Bodenarten sind ihr zuwider. Ebenso meidet sie den Kalk, den bunten Sandstein und das rothe Todtliegende, überhaupt alle Sandsteinformen, die reich an thonigem eisenschüssigem Bindemittel sind. Ganz vorzüglich gedeiht sie auf den hohen Stellen der Bruchgegenden und an den Rändern der Brüche, zieht sich auch in den nicht allzu nassen Bruchboden hinein (B. pubescens), meidet aber die Nässe und den sauren Humus.

Nasser Boden ist der Birke zum freudigsten Gedeihen nicht zuträglich, sie verlangt einen frischen, höchstens gemäßigt feuchten Boden.

Eine Bodentiefe von $^1/_2$—$^2/_3$ Meter genügt der Birke vollkommen, da die Wurzelmenge gering und flach ausstreichend ist. Sie nimmt mit wenig Humus vorlieb, gedeiht aber auf ganz humuslosem Boden schlecht und vermag denselben durch sich selbst nicht zu verbessern, indem ihre frühe Lichtstellung eine überaus rasche Zersetzung des Laubes zur Folge hat.

Obschon daher der Standort des freudigsten Gedeihens der Birke sehr beschränkt ist, so sehen wir dennoch ihren Samen fast überall aufgehen, wo durch mißlungene Nachzucht edlerer Holzarten und durch, oft in weiter Ferne vorhandene Birken-Mutterbäume Veranlassung dazu gegeben ist. Die Birke drängt sich dann hier ein, wächst im Anfange freudiger als die verdrängte Holzart, da sie mit weniger Bodenkraft sich begnügt als jene; läßt aber sehr bald im Wuchse nach, da der rasch konsumirte Humus von der Birke wenig Ersatz erhält, deren Laub in sehr kurzer Zeit sich vollständig zersetzt. Mit Recht zählt man sie daher unter Umständen zu den „Forstunkräutern".

4. Die Erle.

Fordert geringe Consistenz- und hohe Feuchtigkeitsgrade des Bodens. Wir finden sie daher vorzugsweise in dem durch große Humusmengen gelockerten Bruchboden, und in solchem lockern Sande, dessen Oberfläche nicht viel über den Wasserspiegel eines benachbarten Gewässers erhoben ist, an den sandigen Ufern der Bäche, Flüsse, Seen, auf Inseln und sandigen Anschwemmungen zwischen den Dünen der Seeküste, wo sie, selbst im ausgewaschenen Sande, einen vorzüglichen Wuchs hat. Feuchtigkeit ist die Hauptbedingung ihrer Vegetation; selbst auf nassem Boden gedeiht sie noch sehr gut, besser als auf frischem Boden.

Die Wurzeln der Erle gehen wenig zur Seite, sondern in vielen kleinen Strängen in die Tiefe, weßhalb ein tiefgründiger und dabei lockerer Boden nöthig wird. Da die Erle im ganz nassen Boden gedeiht, in welchem wegen Mangel an Luftzutritt wenig Pflanzennahrung sich zu bilden vermag, da sie auch im ausgewaschenen Seesande freudig wächst, so können wir daraus folgern, daß sie sich vorzugsweise aus der Atmosphäre ernähre.

5. Die Weiden.

Hauptbedingung ihres freudigen Gedeihens ist Feuchtigkeit, selbst Nässe des Bodens. In lockerem Boden gedeihen sie besser als im bindenden; der geeignetste Standort sind die sandigen Anschwemmungen der Flußufer, diese selbst, so wie die Ufer der Bäche, Seen, die Wiesen- und Bruchränder.

Den trockensten Standort erträgt S. purpurea, daphnoides und alba; auf Bruchboden wächst noch am besten S. pentandra; cinerea, aurita und rosmarinifolia, den bindendsten Boden verträgt S. caprea; auf Sandschollen wächst S. repens, ambigua, versifolia. Auf nassem Sande S. viminalis, acuminata, rubra etc.

Ein Fuß Bodentiefe genügt den flachlaufenden Wurzeln.

6. Die Kiefer.

Hauptbedingungen ihrer Vegetation sind Tiefgründigkeit und Lockerheit des Bodens. Lehmiger Sand und sandiger Lehm sagen ihr besonders zu, doch gedeiht sie auf dem sterilsten Sandboden, wenn sie in der Jugend dort nur im freien Stande angebaut wurde. Der Boden kann in seiner Oberfläche trocken sein, wenn er nur in der Tiefe frisch oder feucht ist, da die lange Pfahlwurzel der Kiefern die Feuchtigkeit aus beträchtlicher Tiefe hervorholt. Nassen Boden meidet sie. Auf sehr feuchtem Boden wächst sie zwar, erreicht aber dort früh ihre Haubarkeit, und liefert ein leichtes harzarmes Holz. Das beste harzreichste Holz liefert ein in der Oberfläche bis auf $^1/_3$ Meter trockner sandiger Lehmboden.

Auf Kalkboden soll das Holz sehr brüchig werden.

Ausgezeichnet ist die Kiefer rücksichtlich ihres geringen Bedürfnisses an Humus. Im freien Stande erzogen, kann sie denselben in der Jugend ganz entbehren, sich allein aus der Luft ernährend. Später, wenn die jungen Orte in Schluß kommen, verbessern sie den Boden durch Nadelabfall in hohem Grade.

7. Die Fichte.

Das Vorkommen der Fichte ist ein zweifaches. Zuerst und hauptsächlich findet sie sich im Gebirge, und zwar im Hochgebirge vorzugsweise auf Granit, Glimmerschiefer und Gneiß, auch die Thonschiefer und Grauwacke und die meisten Porphyre tragen gute Fichtenbestände, wohingegen die jüngeren Conglomerate und die Kalke ihr weniger zusagen. Doch findet man selbst über diesen schöne Fichtenbestände, wenn sonst Exposition und Klima günstig sind; ja, ganz ohne Boden vegetirt die Fichte zwischen Steingeröll, wenn die Atmosphäre nur feucht ist. Dürre des Bodens und des Klima sind ihr am nachtheiligsten; im trocknen Sande und im festen thonigen Boden gedeiht sie nicht. Daher haben auch Steinbrocken im Boden einen so günstigen Einfluß auf ihre Vegetation, da durch diese der Boden feucht erhalten wird. Die in der Oberfläche des Bodens sich verbreitende, weit ausstreichende Bewurzelung begnügt sich mit geringer Bodentiefe.

Wenn der natürliche Standort der Fichte im südlichen und mittleren Deutschland nur der Gebirgsboden ist, so steigt sie im nördlichen und nord-

östlichen Deutschland, schon in Schlesien, am rechten Oderufer, in Polen, Lithauen und Ostpreußen in die Ebenen hinab, und gedeiht dort in dem lockern sandigen Lehm und lehmigem Sande sehr gut in reinen und verbreiteten Beständen; trocknen Sand und bindenden nassen Thon- und Lehmboden meidet sie auch hier.

8. Die Weißtanne.

Unterscheidet sich von der Fichte vorzüglich darin, daß sie für ihre in die Tiefe gehenden, nicht weit ausstreichenden Herzwurzeln einen tiefgründigeren lockeren Boden fordert. Wir finden sie daher im Gebirge mehr über solchen Gebirgsformen, die einen tieferen Boden liefern, besonders über den Conglomeraten, und den feldspathreichen Urgebirgsarten. Auch der Basalt trägt treffliche Weißtannen. Bei ausreichender Bodentiefe kommt sie übrigens meist mit der Rothtanne im Gemenge vor, und findet sich in Schlesien mit dieser auch im Meeresboden. Im Gebirge geht sie nicht so hoch als die Fichte, und ist mehr im Süden Deutschlands heimisch.

9. Die Lärche.

Fordert vor allem Tiefgründigkeit des Bodens, da sie eine starke Pfahlwurzel treibt und wenig Seitenwurzeln ausschickt. Im Gebirge ist ihr der bessere Fichtenboden, in der Ebene der gute Kieferboden angemessen, doch nimmt sie mit leichtem Kieferboden vorlieb, wenn dieser nur nicht arm an Humus ist. Der Boden kann in der Oberfläche sogar trocken sein, da die Lärche durch ihre Wurzelbildung die Feuchtigkeit aus bedeutender Tiefe heraufholt. Unter den Gebirgsarten zeigt die Lärche eine entschiedene Vorliebe für den Kalk und die Conglomerate mit kalkigem Bindemittel. Auch auf buntem Sandstein habe ich ausgezeichnete Lärchenbestände gefunden. Auf thonigem Boden läßt sie früh im Wuchse nach.

Von den untergeordneten Holzarten heben wir hier noch folgende hervor:

10. Die Ahorne.

Der gemeine und der Spitz-Ahorn haben mit der Rothbuche ziemlich gleiches Bodenbedürfniß, doch gehört zu ihrem freudigsten Gedeihen ein tiefgründigerer Boden, da sie eine starke, wenn auch nicht sehr lange Pfahlwurzel treiben. Die Tiefgründigkeit ist aber nicht so nöthig als bei der Eiche, Kiefer rc., da die Ahorne, wenn die Pfahlwurzel ein Hinderniß findet, sehr starke und lange Seitenwurzeln entwickeln. Die schönsten reinen Ahornbestände habe ich auf Basaltboden gefunden. Auch auf Kalk, Thonschiefer und rothem Todtliegendem wachsen sie gut. Im Gebirge bleiben die Ahorne hinter der Buche zurück, und gehen nicht über die Eichengrenze hinaus, besonders finden sie sich im Thalboden der Gebirge.

Der Maßholder-Ahorn verträgt einen bindenderen Boden als die vorgenannten Arten. Sein eigentlicher Standort sind die Flußniederungen; dort erreich er in Schlesien ein Volum von 3—4 Cubikmeter, während er im Höhenboden und im Gebirge meist nur als Strauch erster Größe vorkommt.

Die Ahorne verbessern durch Laubabfall den Boden mäßig, verlangen

aber einen fruchtbaren Boden, werden also schon allein deßhalb besser in Untermengung mit der Rothbuche als in reinen Beständen erzogen.

11. Die Esche.

Feuchtigkeit ist Hauptbedingung ihrer Vegetation; sie wächst sogar neben der Erle in fast nassem Boden, dort aber weniger gut als auf Wiesflecken mit mildem Humus, an den Rändern der Flüsse und Bäche. Lockerer Boden ist ihr zusagender als fester; auf letzterem gedeiht sie nur, wenn er durch Humus gelockert ist. Sie verlangt Fruchtbarkeit, verbessert den Boden aber nicht. Thalboden und Flußboden zieht sie dem Gebirgs- und Meeresboden vor; letzterer darf aber nicht zu bindend sein. Neben einer starken tiefgehenden Pfahlwurzel entwickelt die Esche auch weit ausstreichende Seitenwurzeln, welche im flachen Boden die Pfahlwurzel ersetzen. Auf trockenerem, thonigen Boden ist Fr. pubescens ausgezeichnet raschwüchsig.

12. Die Rüster.

Unterscheidet sich von der Esche besonders darin, daß sie einen bindenderen Boden liebt. Sie wächst zwar ebenfalls im nassen Boden, liebt aber geringere Feuchtigkeitsgrade als die Esche. Ihr eigentlicher Standort ist in den Flußniederungen mit bindendem Boden; man findet sie jedoch auch im feuchten humusreichen Sand und lehmigen Sandboden, ja, sie kommt mitunter sogar mit der Erle gemeinschaftlich in den nicht allzunassen Brüchen vor. Was Bodenverbesserungsfähigkeit anbelangt, dürfte sie der Eiche nahe stehen. In der Jugend treibt die Rüster eine starke Pfahlwurzel, später mehrere starke tiefstreichende Herzwurzeln.

Die Feldulme verträgt trockeneren Standort als die rauhe Ulme.

13. Die Hainbuche.

Hat ziemlich gleichen Standort mit der Rothbuche, nimmt aber mit einem weniger guten, trockeneren, leichtern, flacheren und humusärmeren Boden vorlieb.

14. Die Linden.

Lieben lockern und feuchten Boden. Feuchter Sand, lehmiger Sand, selbst nicht zu nasser Bruchboden sind ihr Standort. Die Herzwurzel geht tief in den Boden, doch behilft sich die Linde auch auf flachgründigem Standorte. Humuserzeugung bedeutend.

15. Die Pappeln.

Gedeihen auf lockerem Boden. Lehmboden ist ihnen schon zu bindend. Der Boden muß ferner in der Oberfläche feucht sein, da die Wurzeln sehr flach verlaufen und die Feuchtigkeit nicht aus der Tiefe heraufholen können. Trockenen und bindenden Boden verträgt noch die Zitterpappel. Schwarz- und Weißpappel findet man fast nur an sandigen Ufern der Seen, Flüsse, Bäche.

16. Die Hasel.

Fordert tiefgründigen, nicht zu lockern, humushaltigen, frischen bis gemäßigt feuchten Boden. Die Ränder der Wiesen und Brüche, die Ränder kleiner Feldhölzer mit entsprechendem Boden sind ihr geeignetster Standort, indem sie freie Einwirkung der Atmosphäre fordert.

17. Die Akazie.

Liebt einen nicht zu bindenden, tiefgründigen, gemäßigt feuchten Boden, der selbst bis zu bedeutender Tiefe trocken sein kann, da sie durch, schon im ersten Jahre, tief in den Boden dringende Wurzeln ihre Feuchtigkeit aus der Tiefe heraufzuholen vermag. Später entwickelt sie in höherem Grade flachlaufende, weit ausstreichende Seitenwurzeln, wie die Kiefer, der sie auch rücksichtlich ihres geringen Humusbedarfs gleichkommt. Sie eignet sich wie jene zur Kultur des Flugsandes, verbessert aber den Boden nur in sehr geringem Maße.

Literatur für Gebirgs- und Bodenkunde.

1. Für Oryktognosie.

Hartmann, die Mineralogie in 26 Vorlesungen.
Leonhard, Naturgeschichte des Mineralreichs.

2. Für Geognosie.

De la Beche, Handbuch der Geognosie, übersetzt von v. Dechen. 1832.
Dr. B. Cotta, Anleitung zum Studium der Geognosie und Geologie. Dresden und Leipzig 1841.
Dr. C. Vogt, Lehrbuch der Geologie und Petrefaktenkunde, nach Elie de Beaumont. Mit vielen Illustrationen und Holzstichen. Braunschweig 1847.

3. Für Bodenkunde.

Krutzsch, Gebirgskunde für den Forst- und Landwirth. 1827.
Meyer, System einer Lehre über Einwirkung der Naturkräfte auf Ernährung und Wachsthum der Forstgewächse. 1806.
Schübler, Agrikultur-Chemie, 2te Aufl. von Krutzsch. 1838.
Chaptal, Agrikultur-Chemie, übersetzt von Eisenbach. 1824.
Reuter, der Boden und die atmosphärische Luft. 1833.
Hundeshagen, die Bodenkunde in land- und forstwirthschaftlicher Beziehung. Herausgegeben von Klauprecht. 1840.
Sprengel, die Bodenkunde oder die Lehre vom Boden. 1837.
König, Gebirgskunde, Bodenkunde und Klimalehre. Herausgegeben von C. Grebe. Eisenach 1853.
Dr. G. Heyer, forstl. Bodenkunde und Klimatologie. Erlangen 1856.

Dritter Abschnitt.

Von den Pflanzen.

Den beschreibenden Naturwissenschaften: der Mineralogie, Botanik, Zoologie stehen die erklärenden Naturwissenschaften Physik, Chemie, Physiologie zur Seite; erstere die Beschaffenheiten, letztere die Eigenschaften der Körper und deren Wechselwirkungen behandelnd.

Die Physik und die Chemie beschäftigen sich mit den Eigenschaften der anorganischen, sowie derjenigen organischen Körper, die durch den Tod des Organismus der anorganischen Körperwelt zurückgegeben sind. Die Physiologie hingegen hat diejenigen Eigenschaften des Organischen zum Gegenstande, die der Ausfluß einer, die physikalischen und chemischen Eigenschaften der organisirten Materie beherrschenden Lebenskraft[1] sind.

In der todten Körperwelt, das todte Thier, die todte Pflanze eingeschlossen, besteht das Gesetz der Trägheit, d. h. kein todter Körper vermag durch sich selbst sich zu bewegen, sich zu verändern; jede Bewegung, jede Veränderung seiner selbst, beruht auf der Wechselwirkung mindestens zweier Kräfte: die Büchsenkugel würde fortdauernd im Rohre ruhen, wenn nicht die treibende Kraft des Pulvers sie in Bewegung setzte, sie würde in Ewigkeit unverändert bleiben, wenn nicht der Sauerstoff der Luft sie in Bleiasche umwandelte, die Hitze sie schmölze, die Schwere des Hammers sie plattete.

Unter gleichen äußeren Einflüssen sind die Erfolge solcher Wechselwirkungen naturgesetzlich stets dieselben; das Wasser muß unter bestimmten Wärmegraden in Dampf oder in Eis sich umbilden; kohlensaurer Kalk muß unter Einwirkung von Schwefelsäure zu Gyps sich umwandeln; Waage, Thermometer und Barometer, das photographische Bild, der Telegraphendraht, der Compaß, die Dampfmaschine, die Spectralanalyse und die Getetzmäßigkeit chemischer Verbindungen und Scheidungen beweisen die Unfehlbarkeit der Wechselwirkungen des todten Stoffs.

Man hat hieraus geschlossen: daß die Kräfte Eigenschaften der Materie und von letzterer untrennbar sind; daß es Stoffe ohne die ihnen naturgesetzlich zuständigen Kräfte nicht gebe, daß es aber auch keine Kräfte gebe ohne den ihnen zuständigen Stoff — daß es keine körperlose Kräfte gebe.

In Beschränkung auf die todte Körperwelt läßt sich gegen diese Anschauungsweise der Verhältnisse zwischen Stoff und Kraft nichts einwenden, man könnte sie als wissenschaftlich berechtigten Materialismus näher bezeichnen.

In neuerer Zeit ist man aber noch einen Schritt weiter gegangen, zur Behauptung: daß auch in der lebenden Körperwelt körperlose Kräfte — eine Lebenskraft nicht thätig sei, eine Ansicht, die in der Neuzeit auch unter den Physiologen fast alleinherrschend geworden ist, seit Liebig sie in die Phrase faßte

„Die Lebenskraft ist ein Popanz“

d. h. ein Ding, das nur in der Einbildung besteht.

[1] Sit venia verbo! Indem ich mich dieses, seit Liebigs Urtheilsspruch aus der Wissenschaft verbannten Wortes bediene, halte ich mich verpflichtet, nachfolgend die Gründe aufzuführen, die mich der „veralteten Ansicht“ erhielten.

Ist diese Ansicht, die ich als Universalmaterialismus dem wissenschaftlich berechtigten Materialismus gegenübergestellt habe, berechtigt, dann giebt es keine, der Physik und der Chemie zur Seite stehende physiologische Wissenschaft, dann ist letztere auf lebende Thiere und Pflanzen angewandte Physik und Chemie. Allein jene Gleichstellung des Lebendigen und des Todten in Bezug auf die Verhältnisse zwischen Stoff und Kraft ist eine rein willkürliche, durch keine Thatsache gerechtfertigt und wenn Liebig mit der Natur der lebenden Pflanze näher bekannt gewesen wäre, würde er jene, in der Wissenschaft Epoche machende Phrase nicht ausgesprochen haben. Universalmaterialismus ist Atheismus im Gewande exakter Naturwissenschaft und hat dadurch den Ruf nach „Umkehr der Wissenschaft“ zu Wege gebracht, gewiß mit Unrecht, denn nicht Umkehr sondern Fortschritt der Wissenschaft beseitigt bestehende Irrlehren.

Man sollte meinen, daß eine Lehre, die eben so tief in das bürgerliche Leben, wie in die Wissenschaft eingreift, nur auf fester Grundlage aufgebaut sein dürfe, begegnen hier aber der größten Leichtfertigkeit. Alles was bisher zu Gunsten dieser Anschauungsweise aufgeführt wurde, erweist sich bei eingehender Würdigung hinfällig. Der berechtigte Materialismus ist eine Folgerung aus der strengsten Gesetzmäßigkeit der Wechselwirkungen im Reich der todten Körperwelt. Diese Gesetzmäßigkeit besteht nicht im Reich des Lebendigen. Wie in der Werkstatt des Bildhauers aus gleichem Rohstoffe Verschiedenartiges, aus verschiedenen Rohstoffen Gleichartiges unter gleichen äußeren Einflüssen nach dem maßgebenden Willen des Meisters hergestellt wird, so auch in der Werkstatt des Lebendigen. Hunderte von Thatsachen lassen sich für diese Behauptung anführen. Ich erinnere nur an die geschlechtlichen Unterschiede bei Zwillingsgeburten und unter den Samenkörnern aus derselben Frucht, an die Unterschiede der Frucht des Edelreises und des Wildlingastes auf demselben Stamme in Stoffgehalt, Form, Farbe, Reifezeit. Der Stoffwechsel des ausgewachsenen Thieres, auf den man so übergroßes Gewicht legte, daß man selbst das Denkvermögen aus ihm herleiten wollte, ist der lebenden Pflanze fremd und das kohlensaure Ammoniak zählt eine größere Menge von Elementen als der Hauptbestand des Pflanzenkörpers, der Zellstoff.

Niemand wird es einfallen, ernsthaft zu behaupten: das Floß der Steinzeit habe durch sich selbst, durch die Kräfte seiner Bestandtheile, sich zum Dampfschiff der Neuzeit herangebildet, ohne Mitwirkung des ihm vorhergegangenen schöpferischen Gedankens des Erfinders und der Verbesserer. Niemand wird behaupten, es habe die Lyra des Alterthums zum Harmonion der Jetztzeit, der Bogen zum Hinterlader durch sich selbst sich vervollkommnet; das Harmonion werde im Verlauf „undenkbar langer“ Zeiträume dahin gelangen, wie die Nachtigall sich selbst zu spielen, das Schiff werde dahin gelangen, sich selbst einem vorausbestimmten Orte entgegen zu steuern, ohne die leitende Hand des Steuermanns. Jedermann wird dagegen zugeben, es sei die vollendetste Maschine aus Menschenhand Kinderwerk gegenüber dem einfachsten Organismus. Ich suche vergeblich nach irgend einer Berechtigung zur Annahme, das Lebendige stehe allein unter Herrschaft der Eigenschaften des todten Stoffs; es sei entstanden, ohne den

ihm vorhergegangenen schöpferischen Gedanken, es entwickle sich in naturgesetzlich bestimmter Weise aus dem einfachen, mikroskopisch kleinen Eikörper zum vollendeten Organismus, ohne die Mitwirkung einer Führerschaft, ohne welche der einfachste Mechanismus seine ihm zuständigen Funktionen versagt.

Die größte Beweiskraft für die Mitwirkung einer körperlosen Sonderkraft in der Werkstatt des Lebendigen besitzt für mich die Thatsache, daß in der unzählbaren Menge untergeordneter Werkstätten, die zusammengenommen den Gesammtorganismus bilden, die verschiedenartigsten Arbeitskräfte mit den verschiedenartigsten Stoffen einem einheitlichen Ziele dienstbar sind: der naturgesetzlichen Entwicklung des Individuum vom Keime bis zur Blüthe und Frucht tragenden Pflanze; daß sie alle in nothwendiger Beziehung zu einander stehen, der Keim nicht ohne die Samenlappen, die Wurzel nicht ohne das Blatt, der Holzkörper nicht ohne den Bast ihre naturgesetzlichen Verrichtungen zu vollziehen vermögen, wie das Thierreich nicht ohne ein Pflanzenreich, das Pflanzenreich nicht ohne ein vorgebildetes Erdreich, Thier, Pflanze, Erdkörper nicht ohne Sonnenwirkung bestehen können, daß diese Beziehungen fortbestehen unter den verschiedenartigsten äußeren Einflüssen, vom Hochsommer zum Winter, in der Meeresebene wie im Hochgebirge, im fruchtbaren, wie im unfruchtbaren Boden. Ich kann mir diese Einheit des Zieles aller Verrichtungen des lebendigen Organismus nicht denken, ohne die Mitwirkung einer schaffenden, ordnenden und leitenden Kraft, die nicht die Eigenschaft eines einzelnen Stoffs sein kann, eine körperlose sein muß, als Beherrscherin aller Stoffe des lebendigen Organismus und der Kräfte desselben, wenigstens liegt bis heute keine Erfahrung vor, daß Summirung der Kräfte des Todten Sistirung oder Abänderung ihrer Wechselwirkungen im Gefolge haben könne.

Man kann vollkommen damit einverstanden sein, daß auch im Lebendigen die stofflichen Kräfte in nicht anderer Weise in Wechselwirkung treten als in der todten Körperwelt, es schließt dieß die Annahme nicht aus, daß in der Werkstatt des Lebendigen *neben* diesen stofflichen Kräften noch eine körperlose Kraft thätig ist, die sich zu Ersterer verhält wie der Werkmeister zum Gesellenthum der arbeitenden Kräfte in der Werkstatt des Mechanischen, der, ohne selbst zu arbeiten, nur durch Ordnung und Leitung der ihm dienstbaren Arbeitskräfte, den Bogen zur Armbrust, die Armbrust zum Feuergewehr umschuf. In diesem Sinne, durch die Mitwirkung einer die Arbeit beherrschenden und leitenden Kraft, ist das Lebendige im Gegensatz zum Todten selbstthätig, in diesem Sinne habe ich Leben *Selbstthätigkeit* genannt, erkennbar durch die Unterschiede zwischen Lebendem und Todtem, wie Licht, Wärme, Schwerkraft ebenfalls nur begreifbar sind durch die Unterschiede zwischen hellen und dunkeln, warmen und kalten, leichten und schwereren Körpern.

Ich hielt es nothwendig, mein Glaubensbekenntniß in Bezug auf Stoff und Kraft des Lebendigen den biologischen Betrachtungen in Nachfolgendem hier voranzustellen, um so nothwendiger als ich in ihm fast allein stehe. Ohne Zweifel hat das Forschen nach dem Wirken der stofflichen Kräfte im Lebendigen seine volle Berechtigung, es darf aber nicht zum Axiom erhoben, die Forschung der lebenden Pflanze entzogen und in die Lehrbücher der

Physik und der Chemie verlegt werden, wie das heute vorherrschend Gebrauch ist, wenn wir in der Erkenntniß des Lebendigen vorschreiten wollen.

„Leben gab ihr die Fabel, die Schule hat sie entseelet,
Schaffendes Leben aufs Neu' gibt die Vernunft ihr zurück."
Schiller.

Wie die Thätigkeit einer Uhr erst erkannt werden kann, nachdem man sich in Kenntniß der einzelnen Theile des Mechanismus, des Räder-, Feder-, Kettenwerks, ihrer Zusammenstellung und ihrer Verrichtungen gesetzt hat, so muß auch dem Verständniß des Pflanzenlebens eine Darstellung der Organe, der Organsysteme und der Stoffe vorausgehen oder zur Seite stehen, aus denen der Pflanzenkörper zusammengesetzt ist. Wie die Gesammtwirkung der Uhr auf dem Ineinandergreifen der Einzelwirkungen jener Maschinentheile, so beruht die Gesammtwirkung des pflanzlichen Organismus, die wir das Pflanzenleben nennen, auf der Wechselwirkung verschiedenartiger Stoffe und Kräfte in verschiedenartigen, zu verschiedenartigen Systemen gruppirten Elementarorganen. Mag es immerhin Manchem genügen, wenn er das Ticken der Uhr hört, wenn er die regelmäßige Bewegung des Zeigers über das Zifferblatt sieht, zu einer wissenschaftlichen Erkenntniß des Mechanismus selbst kann eine hierauf beschränkte Betrachtung nicht führen. Diese wissenschaftliche, aus der Forschung hervorgegangene Erkenntniß ist aber nothwendig, wenn wir nicht allen denjenigen Sinnestäuschungen und Trugschlüssen unterworfen bleiben wollen, welche die, vom Experiment nicht allseitig geprüfte und bewährte sinnliche Wahrnehmung (Beobachtung) mit sich führt. Die Beobachtung begnügt sich mit der Wahrnehmung; sie zeigt, daß die Sonne sich um die Erde bewegt, die Forschung prüft die Beobachtung nach allen Richtungen, zur Beseitigung möglicher Trugschlüsse, zur Begründung des Naturgesetzes.

Die Pflanzenphysiologie ist die Grundlage rationellen Pflanzenbaues. Als solche hat sie für den Pflanzenzüchter die hervorstechendste Wichtigkeit. Die Holzpflanze ist der Mittelpunkt, um den sich alles Thun und Treiben des Forstmannes bewegt. Eine Bekanntschaft mit den Vorgängen der Fortpflanzung, der Keimung, der Ernährung, des Wachsthums und der Reproduktion, eine Bekanntschaft mit den Bedingungen des Gedeihens der Pflanze ist oder sollte doch die Grundlage aller seiner, auf Produktion sich beziehenden Handlungen sein. Freilich hat eine vieljährige Erfahrung über die Erfolge vorangegangener Betriebsoperationen eine Praxis des Betriebs geschaffen, in der wir, auch ohne nähere Kenntniß des Pflanzenlebens, das Zweckmäßige vom Unzweckmäßigen unterscheiden lernten. Allein dem Guten kann noch ein uns unbekanntes Bessere zur Seite stehen und dieß letztere werden wir nur dann und um so eher erforschen, wenn wir unserer Praxis eine Grundlage und einen Prüfstein beigesellen, in der wissenschaftlichen Erkenntniß des Pflanzenlebens. Außerdem haftet auch die bewährte Praxis an der Scholle. Was hier wahr und richtig ist, kann dort falsch und unrichtig sein. Die richtige Praxis auf fremder Scholle werden wir stets nur der Kenntniß aller Bedingungen des Wachsens und Gedeihens der Pflanze entnehmen können. Es hat ferner eine Bekanntschaft mit dem Pflanzen-

leben für den Forstmann den wichtigen Vortheil: daß sie ihn mit der Holzpflanze inniger befreundet, daß er sich im Walde wie im Kreise lieber Freunde fühlt; daß Knospe und Blatt, Blüthe und Samenkorn für ihn eine Sprache gewinnen, die ihn in den einförmigsten Berufsgeschäften geistig lebendig und bewegt erhält. Der Schlendrian instruirten Thuns wird dadurch in ein geistiges Schaffen verwandelt, das auf den Schaffenden selbst wohlthätig zurückwirkt, indem es ihn der Verdumpfung entzieht, die so häufig dem Mechanismus vorgeschriebener Geschäftsthätigkeit entspringt.

In der vorigen Auflage dieses Werkes habe ich die anatomische von der chemischen und biologischen Betrachtung der Pflanze getrennt; in dieser neuen Auflage hingegen den Versuch gemacht, diese Einzeltheile zu einer Entwickelungsgeschichte der Holzpflanze zusammenzustellen, in der Hoffnung, Verständniß und Interesse für den Gegenstand zu erhöhen, dadurch, daß es auf diesem Wege leichter wird, die gegenseitigen Beziehungen der Einzeltheile und Einzelthätigkeiten darzustellen. Dem besseren Verständniß hielt ich es ferner entsprechend, in einem ersten Kapitel diejenigen Theile des Pflanzenkörpers einer morphologischen Betrachtung zu unterwerfen, die schon dem unbewaffneten Auge als unterschiedene Theile des Pflanzenkörpers entgegentreten.

Erstes Kapitel.

Von den Körpertheilen der Holzpflanzen.

(Morphologisches.)

Jede, auch die am höchsten sich entwickelnde Holzpflanze ist ursprünglich eine einfache, mikroskopisch kleine Zelle, durch den Akt der Befruchtung losgerissen von einem Mutterkörper gleicher Art und zur selbstständigen Fortbildung befähigt.

Diese im Keimsäckchen des Samenkorns lagernde Urzelle des pflanzlichen Individuum vermehrt sich durch Selbsttheilung in Tochterzellen (s. Holzschnitt Fig. 17), vergrößert sich durch Heranwachsen der Tochterzellen zur Größe der Mutterzelle oder darüber hinaus.

Wiederholt sich dieser Vorgang in der Richtung derselben ursprünglichen Längenachse, dann entsteht daraus der Zellenfaden (Holzschnitt Fig. 18, 6—8). Treten hierzu noch Abschnürungsrichtungen parallel der ursprünglichen Längenachse, dann geht daraus, unter stetem Heranwachsen der Tochterzellen zur Größe der Mutterzelle, der Zellenkörper hervor (Holzschnitt 18, Fig. 10, 11).

Wie die Pflanze sich aufbaut durch Zellentheilung und Wachsthum der Theilzellen zur Größe der Mutterzellen, so baut auch die Einzelzelle sich auf — sie wächst — durch Theilung ihrer organischen Moleküle und Heranwachsen der Tochtermoleküle zur naturgesetzlichen Größe des Muttermoleküls. Wie die Gesammtpflanze das Material für ihr Wachsen den Rohstoffen der sie umgebenden Luft und des Bodens, so entnimmt die Einzelzelle das Material für das Wachsthum der Theilmoleküle den Bildungssäften der Zelle.

Die Vergrößerung, das Wachsen des Pflanzenkörpers vollzieht sich unter sehr verschiedenen Gestaltungen, theils verschiedener Pflanzenarten, theils

verschiedener Körpertheile derselben Pflanzenart. Die erste Ursache dieser gesetzlichen Gestaltungsverschiedenheiten des Pflanzenkörpers finde ich in der Verschiedenheit des Zeitverhältnisses zwischen Zellentheilung und Zellenwachsthum, in dem, was ich das Tempo der Zellentheilung genannt habe. Ist der Zeitraum, den das Heranwachsen der Tochterzellen zur Größe der Mutterzellen in Anspruch nimmt, kürzer als der Zeitraum, in welchem die Theilungen wiederkehren, dann nur kann die Tochterzelle zur normalen Größe der Mutterzelle heranwachsen, wiederholen sich die Theilungen in kürzeren Zeiträumen, dann erleiden die Tochterzellen eine erneute Theilung, ehe sie die Größe der Mutterzellen erreicht haben, sie können nie auswachsen, bleiben kleiner im Vergleich zur Mutterzelle als die Theilung rascher sich wiederholt. Es erklärt sich in dieser Weise die stets geringe Größe des Zellgewebes im Knospenwärzchen und in anderen jugendlichen Pflanzentheilen.

Denkt man sich in einem zelligen Körper ein rascheres Tempo der Zellentheilung in örtlicher Beschränkung eintreten, so werden an diesen Orten Complexe kleineren Zellgewebes sich bilden (z. B. Holzschnitt Fig. 53, a b). Vergrößern sich später die Zellen solcher Complexe, so müssen sich hügliche Erhebungen nach Außen bilden, da in jeder anderen Richtung der zur Vergrößerung nöthige Raum fehlt. Auf diese Weise entsteht die erste Grundlage der Blätter, Knospen, Seitenwurzeln der Pflanzen (Holzschnitt 18, Fig. 12, c d). Auf die naturgesetzliche Verschiedenheit der Orte, an denen solche Ausscheidungen hervortreten, gründet sich vorzugsweise die Gestaltungsverschiedenheit der Pflanzen verschiedener Art. Die letzte Ursache der Gesetzmäßigkeit dieser Gestaltungsverschiedenheiten wird uns für immer verborgen bleiben.

Auch die im Allgemeinen lineare Form des Baumwuchses, das Wachsen in entgegengesetzter Richtung, dem Licht und dem Mittelpunkt des Erdkörpers entgegen, die Beschränkung des Längenwuchses auf die Endtheile einer Längenachse lassen sich auf das Tempo der Zellentheilung zurückführen. Die Theilungsfähigkeit der Pflanzenzelle erlischt in einem gewissen Alter derselben. In der durch Theilung einer Mutterzelle und durch wiederholte Theilung ihrer Tochterzelle entstandenen einfachen Zellenreihe werden die Mittelzellen die ältesten, die Endzellen die jüngsten und einer um so lebhafteren Mehrung unterworfen, daher auch um so kleiner sein, je näher sie den Enden des Zellenfadens stehen, während in der Mitte des Zellenfadens die Theilungsfähigkeit längst erloschen ist. Daraus ergibt sich sehr einfach das Wachsen des Fadens in entgegengesetzter Richtung. Die Beschränkung des Längenwuchses auf die Endpunkte der Längenachse, die man auf die zusammengesetzte Holzpflanze übertragen kann, wenn man sich den auf- und absteigenden Stock derselben, mutatis mutandis, zusammengesetzt denkt aus vielen neben einander liegenden Zellenreihen, deren Endzellen das aufsteigende und das absteigende Knospenwärzchen bilden, ohne daß man zu magnetischer Polarität oder dergleichen Zuflucht zu nehmen nöthig hat.

Die Hauptachse des Pflänzchens, nach oben den Stamm, nach unten die Pfahlwurzel bildend, zerfällt nach ihrer Entwicklungsrichtung in zwei Theile, in den aufsteigenden und in den absteigenden Stock. Letzterer ist bei jungen Eichen, Buchen, Kiefern meist eine geradlinige Fort-

setzung des Stämmchens (Pfahlwurzel). Bei anderen Holzarten: Ellern, Fichten, Tannen zertheilt sich die Pfahlwurzel bald in mehrere, schräg in den Boden eindringende Hauptäste, ähnlich den Wurzeln eines Backenzahns (Herzwurzel). Die von Pfahl- oder Herzwurzel ausgehenden, unter der Bodenoberfläche fortstreichenden, zu größerer Stärke heranwachsenden Nebenachsen bilden die Seitenwurzeln. An allen diesen Wurzeln können in jedem Alter junge Nebenachsen sich bilden, die theilweise nie zu bedeutender Stärke heranwachsen, alljährlich kurze, krautige Sprossen bildend; dieß sind die eigentlichen Faserwurzeln. Zwischen Wurzel und Stamm nimmt man einen Wurzelstock an. Als gesondertes Organ ist derselbe zu keiner Zeit unterscheidbar. Indeß verlängert sich die Markröhre des aufsteigenden Stockes mehr oder weniger weit in die Pfahlwurzel hinab. Man kann denjenigen Theil derselben, der noch mit Mark ausgestattet ist, als Wurzelstock bezeichnen. Zum Wurzelstocke rechnet man häufig auch noch denjenigen Theil des Stammes, an dem die oberen Seitenwurzeln, durch excentrische Jahrringbildung, zum Theil über den Boden hinaus, in die Höhe gestiegen sind (Wurzelanlauf).

Man hat ferner von einer zwischen Wurzel und Stamm liegenden „indifferenten Fläche" gesprochen. Diese Fläche müßte da liegen, wo die erste Zelle der Pflanze das erstemal zu zweien Tochterzellen sich abgeschnürt hat. Für alle späteren Zustände der Pflanze hat die Phrase keinen Sinn, eben so wenig wie für einen stabförmigen Krystall, der an seinen beiden Endpunkten durch Ansatz neuer Theile sich verlängert.

Der Ort, wo abwärts- und aufwärtsgerichteter Zuwachs sich ursprünglich scheiden — nicht immer mit der ursprünglich indifferenten Querfläche zusammenfallend, ist bei verschiedenen Pflanzenarten verschieden. Bei der Eiche, Kastanie, Roßkastanie ꝛc., die ihre Samenlappen in der Erde zurücklassen, liegt er über diesen, bei der Buche, Esche, bei den Ahornarten liegt er unter den Samenlappen. Tiefgesäeter Nadelholzsame wächst anfänglich knieförmig, also mit zweien indifferenten Querflächen aus dem Boden hervor.

Der aufsteigende Stock bleibt entweder für immer einstämmig und entwickelt nur Zweige, oder er verästelt sich in größerer oder geringerer Höhe in eine aus Aesten und Zweigen zusammengesetzte Krone. Erfolgt die Verästelung schon im Wurzelstocke, so begründet dieß den Strauchwuchs. Blätter, Blüthen und Früchte, Endknospen und Blattachsenknospen, Ranken, Dornen, Stacheln, Drüsen und Haare entstehen im normalen Verlaufe der Entwickelung stets nur an den jüngsten Trieben der Bezweigung.

Dieß vorausgeschickt, wenden wir uns nun zunächst zu näherer Betrachtung der Körpertheile des aufsteigenden Stockes.

A. Der aufsteigende Stock.

Wir unterscheiden an ihm zunächst

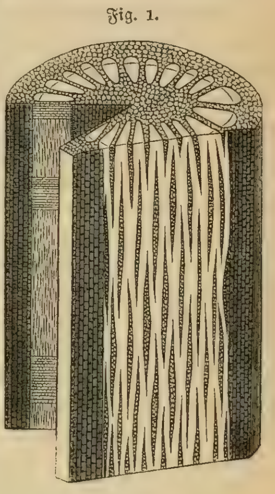
1) Achsengebilde — Stengel (Schaft), Aeste, Zweige und deren Endknospen;
2) Ausscheidungen — Schuppen (Afterblätter), Blätter und Blattachselknospen.

1. Von den Achsengebilden.

Betrachten wir, vermittelst einer guten Lupe, den mit einem scharfen Rasiermesser geglätteten Querschnitt eines einjährigen, kräftig gewachsenen Rothbuchentriebes [1] nicht weit unter der Spitze desselben, so erkennt man leicht drei verschiedene Regionen, deren mittlere und äußere, aus einer grünlich gefärbten, weichen und zelligen Substanz bestehend, das Mark und die Rinde ist, beide geschieden durch eine concentrische Schichtung abweichender Färbung und Struktur (Faserschicht), die ihrerseits unterbrochen ist durch eine größere Zahl radialer, das Mark mit der Rinde verbindender Markstrahlen, durch welche die Faserschicht in eine Mehrzahl von Faserbündeln zerfällt.

Die nebenstehende Fig. 1 stellt ein Stückchen eines einjährigen Rothbuchentriebes in achtmaliger Linearvergrößerung dar. Sie zeigt oben die kreisförmige Querschnittfläche, [2] in dieser Mark- und Rindezellgewebe getrennt durch einen Kreis von Faserbündeln, von denen ein jedes in einen äußeren Bastkörper und in einen inneren Holzkörper zerfällt, wie dieß die einfache Grenzlinie beider andeutet. Der keilförmige Ausschnitt an der linken Seite des Triebstücks legt zum Theil den radialen oder diametralen Längenschnitt frei und zeigt zwischen Mark und Rinde ein Faserbündel mit dreien vorbeistreichenden Markstrahlen. Der vordere tangentale Längenschnitt zeigt beiderseits das Zellgewebe der Rinde, dazwischen die gegenseitige Verästelung der Faserbündel und die trennenden Markstrahlquerschnitte.

Fig. 1.



Wir mögen nun solche Querschnitte aus der Spitze oder aus der Basis des Triebes entnehmen, überall treten uns die genannten drei Regionen: Mark, Bündelkreis, Rinde entgegen; ein Unterschied in den inneren, tieferen Theilen des Schafts besteht nur darin, daß die Faserbündel nach der Rinde hin breiter werden und sich enger aneinanderlegen,

[1] Es ist sehr wünschenswerth, daß der junge Forstmann beim Studium der physiologischen Forstbotanik sich so weit eigene Anschauung zu verschaffen suche, als dieß die einfacheren optischen Hülfsmittel gestatten. Eine gute Lupe leistet hierbei schon viel, wenn man sie zu gebrauchen versteht. Indem man ihre Fassung der Länge nach zwischen Daumen und Zeigefinger hält, werden letztere so an das Nasenbein gedrückt, daß die Linse dicht und unverrückbar nahe vor dem Auge, das der die Lupe haltenden Hand entgegengesetzt ist, steht. Der zu betrachtende Gegenstand wird dann in die andere Hand genommen, und diese mit der Hand, welche die Lupe hält, so in feste Verbindung gebracht, daß das Objekt in richtiger Sehweite festgehalten werden kann. Feine vermittelst eines Rasirmessers zu fertigenden Längen- und Querschnitte werden auf ein kleines Täfelchen von weißem Glase vermittelst Wasser festgeklebt und, gegen den hellen Himmel gehalten, in vorerwähnter Weise betrachtet. Man sieht auf diesem Wege weit mehr, als man vermuthet, und wird das Gesehene auch verstehen, wenn man es mit guten Abbildungen und Erklärungen vergleicht.

[2] Querschnitt, radialer Längsschnitt und tangentaler Längsschnitt sind die drei in obiger Figur ausgeführten, bei anatomischen Untersuchungen maßgebenden Schnittrichtungen.

während dem absteigenden Stocke (Wurzel) das Mark fehlt und durch ein centrales Faserbündel ersetzt ist.

Selbst in den mehr- oder vieljährigen Schaft-, Ast- oder Zweigstücken finden wir dieselben drei Regionen wieder vor; den Markkörper ziemlich unverändert, den Faserbündelkreis erweitert durch Hinzutreten neuer Faserschichtungen (Jahresringe), die Rinde wie das Mark ebenfalls im Wesentlichen unverändert, abgesehen von der durch die Vergrößerung der Faserbündel nöthig gewordenen eigenen Vergrößerung oder Zerreißung der äußersten, ältesten Rindetheile.

Dieselben Regionen wie der Querschnitt zeigt uns auch der radiale Längsschnitt. Für die Unterscheidung eines Abschlusses der Markstrahlen nach oben und unten reicht das einfache Vergrößerungsglas hier nicht aus. Dieß ist dahingegen der Fall, wenn wir einen tangentalen Längsschnitt, wie die vordere Fläche der vorstehenden Figur, so tief führen, daß dieser mehrere Faserbündel durchschneidet. Wir sehen daran deutlich, daß jedes der Bündel nicht vereinzelt vom Gipfel bis zur Basis des Triebes hinabläuft, sondern daß eine gegenseitige Verästelung derselben stattfindet, im Wesentlichen darin bestehend, daß, in mehr oder weniger weiten Abständen, jedes einzelne Faserbündel in der Richtung der Mantelfläche des Bündelkreises sich zu zweien Bündeln spaltet; daß jedes der dadurch entstandenen Halbbündel mit dem benachbarten Halbbündel zu einem Ganzbündel sich vereint, bis eine erneute Gabeltheilung des ungleich-ursprünglichen (heterogenen) Faserbündels das gleich-ursprünglische (homogene) Faserbündel wieder herstellt. Diese sich fortdauernd wiederholende Gabeltheilung und Wiedervereinigung der Gabeltheile jedes Faserbündels hat einen, im Tangentalschnitt spindelförmigen Abschluß des Markstrahlgewebes zur Folge, wie diesen die vordere (tangentale) Schnittfläche der vorstehenden Fig. 1 zu erkennen gibt.

Fig. 2.

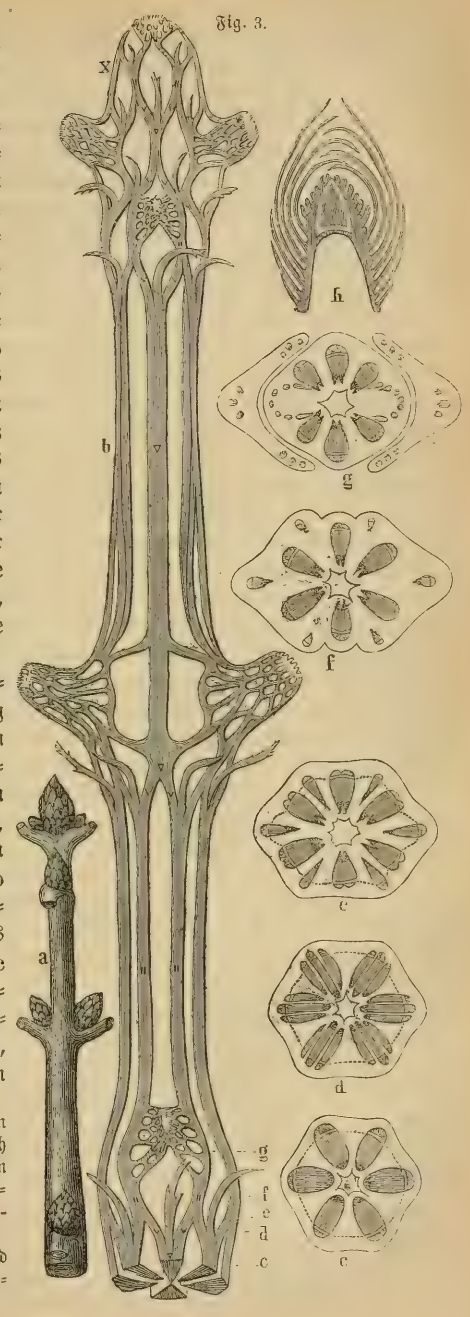


Die nebenstehende Fig. 2 mag dieß noch näher erläutern. Ich habe in ihr die Faserbündel einer Cypresse mit quirlförmiger Blattausscheidung auseinander und in die Ebene gelegt, die zu jedem Faserbündel gehörenden Theile abwechselnd durch ganze und durch punktirte Linien von einander unterschieden.

Dieser Ansicht entsprechend wäre daher, abgesehen von dem als individuelle Eigenschaft nicht selten auftretenden, gedrehten Wuchs mancher Holzpflanzen, die Aufsteigung der Faserbündel eine gradlinige und senkrechte. Dieß bestätigt recht überzeugend die Anatomie einjähriger Triebe der Alpenranke (Atragene alpina), von der ich in der nachstehenden Fig. 3 a die obersten drei Internodien [1] mit ihren Knospen und Blattaus-

[1] Bei den Gräsern, aber auch bei mehreren krautigen Pflanzen entspringt jedes Blatt einer, durch Faserbündelverflechtung entstandenen, knotigen Verdickung des Stengels. Man nennt daher das zwischen je zwei Blattausscheidungen befindliche Stengelstück das Zwischenknotenstück (Internodium). Bei den Laubhölzern mit gegenüberstehenden oder quirlförmig gestellten Blättern (Fraxinus, Acer, Aesculus) tritt das Internodium wenigstens äußerlich in einer Stengelverdickung noch deutlich hervor. Den meisten Holzpflanzen fehlt die internodiale Begrenzung. Indeß nennt

scheidungen gezeichnet habe. Kocht man Triebe dieser Art mehrere Tage hindurch, so läßt sich, mit einiger Vorsicht, Rinde und Bast so vom Holzkörper der Faserbündel ablösen, daß dieser unverletzt bleibt. Wäscht man dann unter Wasser das Markgewebe mit einem feinen Pinsel aus, so erhält man das Skelett des Holzkörpers, wie dieß, vergrößert, Fig. 3 b darstellt (woselbst jedoch, des Raumes wegen, die unteren Internodien im Verhältniß zur vergrößerten Breite etwas verkürzt gezeichnet werden mußten). In dieser Figur habe ich, beispielsweise nur am mittleren Faserbündel, die homogenen Strecken mit ▽, die Gabeltheile mit \/, die heterogenen Strecken mit || bezeichnet. Wie diese Theilung und Wiedervereinigung der getrennten Theile in Querschnitten verschiedener Höhe sich zu erkennen gibt, zeigen die Figuren c—g, entnommen denjenigen Stellen des Triebes, die in Fig. 3 b mit gleichem Buchstaben bezeichnet sind. Jedes der sechs Bündel des Querschnittes c ist in d zu drei Bündeln zerspalten, von denen der mittlere zum Blatt ausscheidet, je drei Mitteltheile in einen



man den Raum zwischen zweien Blattausscheidungen auch da noch Internodium, wo die Blätter in einer oder in mehreren Spirallinien vom Triebe ausscheiden (Fagus, Quercus, Pinus).

Die Summe aller in ein und demselben Jahre entwickelten Internodien bildet den Jahrestrieb.

Blattstiel eingehend, während die Seitentheile je zweier Nachbarbündel zu einem heterogenen Bündel zusammentreten (ef), worauf dann die Verästelung dieser zur Blattachselknospe eintritt (g), nachdem die Mitteltheile je dreier Bündel zum Blattstiele und Blatte sich emancipirt haben. Es ist beachtenswerth, daß die Zusammensetzung der heterogenen Bündel an deren innerer Grenze stets erkennbar bleibt, wie dieß die Querschnitte e—g zeigen.

Wenn nun auch die Aufsteigung jedes einzelnen Faserbündels eine senkrechte ist, so stellen sich doch die, durch die Verästelung der Faserbündel entstehenden primitiven Markstrahllücken stets in eine um den Trieb verlaufende Spirallinie, die sich sowohl rechts als links lesen läßt, wie dieß die Linien a b und c d in der Fig. 2 andeuten. Ist die Aufsteigung dieser beiden Hülfslinien eine gleichmäßige, wie in Fig. 2, so geht daraus die horizontale Schichtordnung der Markstrahllücken hervor, die dann, wie wir später sehen werden, die gegenüberständige oder quirlförmige Blattstellung zur Folge hat; ist hingegen die Aufsteigung der beiden Hülfslinien eine ungleichmäßig steile, wie in Fig. 6, dann hat dieß eine spiralige Ordnung der Blattstellung im Gefolge.

Wie Fig. 3 zeigt, verkürzen sich nach der Spitze des Triebes hin die Internodien immer mehr, die Faserbündel laufen endlich in die feinsten, mikroskopisch-zarten Stränge aus, das bildend, was ich den holzigen Knospenkegel nenne (Fig 3 b x), der die Grundlage der Endknospe (Terminalknospe) des Triebes bildet. Die letzten Bündelausscheidungen des Knospenkegels entwickeln sich nicht mehr zu Blättern, sondern zu Knospendecken, die ein krautiges, den fertigen Trieb krönendes Gebilde einschließen, das nichts anderes ist, als der vorgebildete, nächstjährige Längentrieb in einem mehr oder weniger entwickelten Zustande.

Fig. 4.

Die höchste Stufe der Entwicklung des nächstjährigen Triebes bietet uns die Rothbuchenknospe, von der ich nebenstehend, Fig. 4, die viermal vergrößerte Ansicht eines Längendurchschnitts gebe. Der holzige Knospenkegel, also derjenige Theil der Knospe, der noch dem dießjährigen Längentriebe angehört, mit den ihm angehörenden Knospendeckblättern, reicht bis zu dem mit * bezeichneten Punkte der Markröhre hinauf. Von da an aufwärts sehen wir den nächstjährigen Trieb, im kleinen Maßstabe zwar, aber mit allen ihm angehörenden Theilen, eingeschlossen in Knospendeckblätter, [1] die von denen

[1] Nicht überall besitzen die Knospendeckblätter die gewöhnliche schuppenförmige, blattähnliche Gestalt. Bei Salix, Magnolia, Liriodendron, Platanus, Viburnum, Staphylea sind die Decken kappenförmig geschlossen. Man pflegt in ähnlichen Fällen dieß aus einer Verwachsung der Blattränder herzuleiten, und in der That zeigt sich auch eine dem entsprechende Kappennaht, in der beim Aufbrechen der Knospen die Kappe sich öffnet. Allein ich habe nachgewiesen (bot. Ztg. 1855 S. 223), daß die Kappenform der Hüllen bei Salix und Magnolia ursprünglich ist, daß sie aus einer innern kappenförmigen Spaltung des Zellgewebes hervorgehe. Da, wo nie eine Trennung stattgefunden hat, kann auch von einer Verwachsung nicht die Rede sein. In noch andern Fällen fehlt der Knospe die schuppige Umhüllung ganz; es sind die letzten, verkümmerten, aber normal entwickelten Blätter, welche an deren Stelle treten.

des holzigen Knospenkegels nicht verschieden sind. Wir sehen den Längentrieb mit eben so vielen Blättern besetzt, als am nächstjährigen Triebe überhaupt entstehen; wir sehen an der Basis des Blattstiels, im Winkel zwischen ihr und dem Stengel kleine Wärzchen, die im kommenden Jahre zu Blattachselknospen sich ausbilden, die in der Blütheknospe schon in diesem Jahre zu männlichen oder weiblichen Blumen so hoch entwickelt sind, daß sich sowohl die Staubfäden als die Fruchtknoten, selbst die Eier der nächstjährigen Blüthe schon mittelst des einfachen Vergrößerungsglases erkennen lassen; endlich entspringt unter jedem Blatte ein Knospendeckblatt.

Einen nicht minder hohen Entwicklungszustand des nächstjährigen Triebes zeigt uns die Kieferknospe. Ich gebe in der nebenstehenden Fig. 5 den Längenschnitt einer Endknospe der Schwarzkiefer in nur zweimaliger Vergrößerung, an deren unterer Querschnittfläche m das Mark, h den Holzkörper des Knospenkegels, b die Bastschicht, r die Rinde darstellt. Die durch senkrechte Striche bezeichnete Erstreckung des holzigen Knospenkegels reicht bis zum ersten Dritttheil der Knospenlänge hinauf und keilt sich dort aus, während die an der inneren Grenze des holzigen Knospenkegels das Mark begrenzenden, in der Abbildung durch dunklere Querschnitte bezeichneten Spiralfasern, ununterbrochen aus dem Innern des Holzkegels bis nahe zur Spitze des nächstjährigen Triebes aufsteigen. Aeußerlich ist der holzige Knospenkegel durch die Bastschicht begrenzt, die in der Abbildung durch zartere Querlinien bezeichnet wurde. Diese Bastschicht setzt sich ebenfalls ununterbrochen nach oben hin in den nächstjährigen Trieb fort, besteht dort aber aus den Elementen eines ganzen Faserbündels, d. h. aus einem inneren Holzkörper und aus dem äußeren Bastkörper. Von den das Mark begrenzenden Spiralfasersträngen sieht man rechts und links kleinere Spiralfaserstränge zur Seite abweichen und als Blattnerv in jedes Knospendeckblatt eingehen. Dicht über dieser einfachen, zum Deckblatte gewendeten Bündelabzweigung zeigen sich noch zwei andere, zur Blattachselknospe gewendete Bündelverzweigungen (Fig. 7), die ich, der geringen Vergrößerung wegen, in Fig. 5 nicht mit aufgenommen habe. Mark und Rinde sind in der Figur durch kleine, die Zellendurchschnitte andeutende Kreise kenntlich gemacht. Man sieht, wie in der Spitze



So bei (Cornus, Evonymus, Viburnum (Lantana), Ligustrum, Frangula, Hippophäe, Anona, Halesia, Hamamalis, Fothergilla, Rhus, Clethra, Pterocarya. Es sind Unterschiede dieser Art wichtig für die Kenntniß der Holzpflanzen im unbelaubten Zustande. Bei den Cypressen (Juniperus), Araukarien treten kleine Blätter an die Stelle der Knospenschuppen.

des nächstjährigen Triebes Mark- und Rindezellgewebe ineinander übergehen, das Knospenwärzchen (gemmula ascendens) bildend. An jeder Seite des Knospenlängsschnittes sehen wir das Zellgewebe der Rinde zu den Knospendeckblättern sich erweitern und über der Basis eines jeden Deckblattes eine Blattachselknospe höher entwickelt als bei der Rothbuche, indem, wie Fig. 7 deutlicher zeigt, an ihnen, außer der Grundlage des künftigen Nadelpaares, auch die dasselbe künftig einschließenden Scheideblätter bereits vorgebildet sind. (Die weitere Entwicklung zum Nadelbüschel ist in den Fig. 12 a und 9—11 dargestellt.) Auch hier sind, wie bei der Rothbuche, diese Blattachselknospen in der Blütheknospe theilweise zur Blütheknospe schon im Herbste vor der Blüthezeit höher entwickelt.

Haben wir in der Buchenknospe drei verschiedenartige Ausscheidungen: Knospendeckblätter, Blätter und Blattachselknospen, so treten bei der Kiefer nur letztere und Deckblätter auf.

Kocht man möglichst große, frische Knospen der Schwarzkiefer mehrere Tage hindurch in reinem Wasser, so läßt sich Bast und Rinde, mit den der letzteren anhängenden Theilen, vom Holzkörper ablösen. Man erhält dann das Skelett des letzteren in dem Fig. 6 dargestellten Zusammenhange. Der dort gezeichnete Theil entspricht demjenigen Theile in Fig. 5, der über * befindlich ist. Zählung der Markstrahllücken und der an der Basis einer jeden Lücke entspringenden Blattausscheidungen ergibt: daß die Gesammtzahl und die Stellung derselben der Blattzahl am ausgebildeten Triebe entspricht, daß daher auch hier alle Theile des nächstjährigen Triebes schon in der Knospe vorgebildet sind, daß der Wuchs des Triebes aus der Knospe auf Zwischenbildungen durch Zellen- und Fasertheilung, wie auf Vergrößerung der bereits vorhandenen Elementarorgane beruht; eine Thatsache, die noch überzeugender an Pflanzen mit endständiger Blüthe (Aesculus, Acer, Cornus etc.) hervortritt, in deren Blütheknospen die Blüthe ebenfalls bereits vorgebildet ist.

Als ein Beispiel geringerer Entwicklung des nächstjährigen Triebes sehen wir in der vorangestellten Fig. 3, bei h die Endknospe von Atragene alpina, die wir uns so denken können, daß die Höhlung h über den holzigen Knospenkegel x der Fig. b gestülpt ist. Zwischen den, dem holzigen Knospenkegel entspringenden Knospendeckblättern sehen wir den Längenschnitt des nächstjährigen Triebes in der Form eines paraboloidischen Kegels, bestehend aus noch äußerst zarten, kleinen Zellen, zwischen denen der Faserbündelkreis einen frühesten cambialen Zustand noch nicht überschritten hat, so daß das Mikroskop den Verlauf der Faserbündel nur durch die hellere Färbung zu erkennen vermag. Demunerachtet sehen wir im Umfange des nächstjährigen Triebes nicht allein die Anfänge der nächstjährigen Blätter, sondern auch noch die ihnen entsprechenden Blattachselknospen.

Fig. 8.

Dieß letztere ist nicht mehr der Fall in der Fichtenknospe, von der ich Fig. 8 einen Längenschnitt gebe, in dem die verschiedenen Regionen ebenso, wie in der Kieferknospe bezeichnet

sind. Unterschiede bestehen darin: daß der holzige Knospenkegel (h) weit höher hinaufreicht, als in der Kieferknospe; daß die Markmasse nicht bis zum nächstjährigen Triebe reicht, sondern zwischen sich und letzterem eine gewölbeförmige Lücke läßt und daß der hügelförmige, über der Lücke stehende, nächstjährige Trieb ganz aus cambialen Zellen besteht, die so klein sind, daß sich deren äußere Begrenzung und Formunterschiede, selbst bei sehr starker Vergrößerung, kaum erkennen lassen. Dem entsprechend sind denn auch die nächstjährigen Blätter, und nur diese, auf der Außenfläche des Hügels wenig hervortretend, zeigen aber schon jetzt die spiralige Stellung, die sie am nächstjährigen Triebe einnehmen, wovon man sich durch Entschuppung einer Fichtenknospe schon mit unbewaffnetem Auge überzeugen kann.

So sehen wir denn, selbst bei naheverwandten Pflanzen (Kiefer und Fichte — Rothbuche und Eiche), die anticipirte Bildung des nächstjährigen Triebes in der Knospe auf sehr verschieden vorgeschrittener Entwicklungsstufe.

Ueberblicken wir das Gesagte nun noch einmal in der Kürze. Wir sehen, daß der aufsteigende Stock in seinen Achsengebilden aus einer cylindrischen Zellgewebsmasse bestehe, die, in einer inneren Mantelfläche, durch einen Kreis sich gegenseitig verästelnder Faserbündeln in Mark und Rinde geschieden ist, beide unter sich verbunden durch das, die Verästelungslücken des Fasergewebes füllende Markstrahlgewebe. In der Spitze des fertigen Triebes verengt sich der Bündelkreis zum holzigen Knospenkegel und dieser trägt über sich ein anticipirt entwickeltes Gebilde, den nächstjährigen, mehr oder weniger weit ausgebildeten Längentrieb, umgeben von Knospendeckblättern und mit diesen die Endknospe bildend.

Aeste und Zweige entstehen, wie wir später sehen werden, aus Blattachselknospen. Wie die Blattachselknospe in ihrem Baue von der Endknospe des Schafttriebes nicht verschieden ist (Fig. 3), so unterscheiden sich auch die aus ihr sich bildenden Zweige und Aeste in ihrem Baue nicht von der Hauptachse des Baumes; ihre abweichende Entwicklungsrichtung bleibt der einzige dauernde Unterschied, und selbst diese kann in die Entwicklungsrichtung der Hauptachse sich verändern, wenn letztere abstirbt oder gewaltsam verkürzt wird.

Nicht bei allen Holzpflanzen bildet sich an der Spitze des Triebs eine wahre Endknospe. Bei den Holzpflanzen mit endständiger Blüthe (Acer, Aesculus, Cornus etc.) erlischt mit dem Abfalle des Fruchtträgers die Fortsetzung derselben Längenachse für immer; eine Seitenknospe entwickelt sich zum Großtriebe und ersetzt im Verfolg den unterbrochenen Wuchs des Haupttriebs. Auch allen ächten Dornästen an Prunus spinosa, Crataegus, Pyrus, Ononis, Ulex, Genista, Catharticus, Hyppophäe fehlt die Endknospe, das Mark geht in der Spitze dieser Triebe unbedeckt zu Tage. Bei Carpinus, Corylus, Betula, Salix, bei Platanus, Ulmus, Morus, bei Ailanthus, Catalpa, Paulownia, Rhus, Cephalanthus, bei Gymnoclades, Robinia, Cercis, bei Vitis, Ampelopsis, Periploca, Aristolochia, bei Syringa, Staphylea, Viburnum, Philadelphus, Laurus (Benzoin), Calycanthus, bei Sambucus, Berberis, Lycium, Spiraea und bei vielen anderen Strauchhölzern verkümmert die Endknospe regelmäßig; die letzten Internodien des Triebes werden abgeworfen, oft, wie

an der Blattnarbe, mit deutlicher Kissenbildung (Tilia,[1] Ptelea, Ailanthus, Cercis, Gymnoclades, Dirca) oder ohne Kissenbildung wie mit dem Messer abgeschnitten (Carpinus, Salix, Morus, Catalpa) oder verbunden mit einem tiefer hinab eintretenden Absterben der Triebspitze (Robinia, Amorpha, Sambucus, Spiraea). In allen diesen Fällen tritt die nächste Achselknospe an die Stelle der Endknospe, die bei Syringa und Staphylea ausnahmsweise noch zur Ausbildung kommt, dann aber sehr verkümmert auftritt.

Man darf es daher nicht klimatischen Einflüssen zuschreiben, sondern man muß es als eine, von äußeren Einflüssen unabhängige Eigenthümlichkeit der Gattungen oder Arten ansehen, daß die oben genannten Holzarten ihre Jahrestriebe durch Terminalknospenbildung nicht zum Abschlusse bringen. Bei Robinia, Amorpha, Spiraea, Sambucus, an denen die letzten Internodien bis zum Herbste lebendig bleiben und erst durch den Frost getödtet werden, könnte man die Erscheinung wohl aus dem Aufhören der Saftbewegung bei noch unvollendeter Ausbildung der Triebspitze erklären; da hingegen, wo die Endknospe schon im Sommer an dem noch kräftig wachsenden Triebe abortirt, wo dicht unter ihr Seitenknospen zu vollkommener Entwickelung gelangen (Philadelphus, Syringa, Staphylea), da läßt auch diese Erklärungsweise uns im Stiche und dürfte daher, bei dem unverkennbaren Zusammenhange des Ursächlichen, auch auf Robinia etc. nicht anwendbar sein.

Bei den Ampelideen findet außerdem ein merkwürdiges Schwanken in der Entwickelung der einzelnen Internodien des Jahrestriebs statt. Während ein Theil derselben in normaler Weise eine Fortsetzung der Achse des vorhandenen Stengelgliedes ist und an seiner Basis Blatt und Blattachselknospe trägt, entwickeln sich, meist alternirend, andere Stengelglieder aus der Blattachselknospe und die Hauptachse abortirt entweder, oder sie scheidet als Ranke oder Blütheast zeitig aus. Ausnahmsweise habe ich eine solche Fortsetzung des Achsengebildes aus der Blattachselknospe auch an kräftigen Stocklohden der Rothbuche beobachtet, die in solchen Fällen nicht gerade sondern an jeder Blattbasis winklich verlaufen.

Bei wenig Holzpflanzen bleibt die ursprüngliche Hauptachse des Embryo für immer vorherrschend. Fichte, Tanne, Lärche gehören dahin. Schon bei den Kiefern ist das nur bis zum 80. bis 90. Jahre der Fall. In diesem Alter bleibt die Hauptachse in ihrer Entwickelung hinter der der Nebenachsen zurück, es bildet sich dadurch eine mehr oder weniger schirmförmige Krone. Bei den einheimischen Laubholzbäumen tritt ein bleibendes Uebergewicht in der Entwickelung der Hauptachse nur als individuelle Eigenschaft, nicht als Artcharakter auf (Pyramidenwuchs der Eiche, der Eibe, des Wachholder), die Pyramidenpappel ausgenommen (die ich, wegen der

[1] Wie an Blattnarben, so sieht man hier an der Endknospennarbe die einzelnen Faserbündel klein und von einander entfernt stehen. Der Abschluß des Triebes in der Endnarbe muß daher sehr früh, lange vor Beendigung des Zuwachses in den tieferen Triebtheilen stattgefunden haben.

Bei Ptelea bleibt am Blüthetriebe der fruchttragende Theil der Achse bis zum nächsten Jahre, an den blumenlosen Trieben werden die verkümmernden letzten Internodien schon im Jahre der Triebbildung abgestoßen!

großen Verschiedenheit ihres Holzes von dem der Schwarzpappel, für eine gute Art halte). Der Birnbaum im Vergleich zum Apfelbaume, der Süßkirschbaum im Vergleich zum Sauerkirschbaum zeigen ebenfalls noch ein, lange Zeit dauerndes Vorherrschen der Hauptachse. Die meisten Laubholzbäume, im Freien und ohne äußeren Zwang erwachsen, verlieren schon vor dem 50. bis 60. Jahre das Uebergewicht der Hauptachse und schreiten zur Kronenbildung, früher auf ungünstigem als auf günstigem Standorte. Am meisten ist dieß der Fall bei Weiden und Pappeln, Eichen, Rothbuchen und Hainbuchen, die nur durch stete Erziehung im Schluß langschaftig erhalten werden, weniger bei Eschen, Ahornen, Rüstern, am wenigsten bei Birken und Erlen. Der Strauchwuchs beruht auf einer Verästelung schon des Wurzelstockes. Auch hier treten habituelle Unterschiede darin hervor, daß bei verschiedenen Strauchholzarten die Entwickelung der Nebenachsen eine verschiedene ist, theils die Entwickelung der Hauptachse überflügelnd: Gletscherweiden, Zwergbirken, Alpeneller, Spiräen ꝛc., theils hinter der Entwickelung der Hauptachse zurückbleibend: Hasel, Hartriegel, Spindelbaum ꝛc.

2. Von den Ausscheidungen.

Wir haben im Vorhergehenden gesehen, daß die Faserbündel der Achsengebilde unter sich einer gegenseitigen Verästelung unterworfen seien und daß aus dieser Verästelung und Wiedervereinigung der Faserbündeläste ein regelmäßiges System primitiver Markstrahllücken hervorgehe. (Fig. 2, 3 b).

Außer dieser Verästelung der Faserbündel in der Richtung der Mantelfläche des Triebes, tritt nun noch eine, nach außen gerichtete Verästelung derselben Faserbündel ein, deren Ursprung stets das untere Ende der primitiven Markstrahllücke ist.

Bereits Seite 133 habe ich gezeigt und durch die Figur 3, b—g erläutert, daß die Faserbündel des Achsengebildes einer Dreispaltung unterworfen seien (Fig. 3, b d) und daß der mittlere dieser drei Bündeltheile nach außen sich abzweige, während die Seitentheile beim Bündelkreise des Stengels verbleiben. Dasselbe zeigen uns die Figuren 2 und 6.

Bei den meisten Nadelhölzern ist es nur ein Mitteltheil der Faserbündel, der, vom Zellgewebe der Rinde bekleidet, nach außen fortwächst und zum Blatte wird. Jede primitive Markstrahllücke liefert hier ein einnerviges Blatt (Fig. 2, 6, 9 c). Die Zahl der Blätter oder der Blattscheiden eines Triebes entspricht daher der Zahl ursprünglicher Markstrahllücken. Bei den Laubhölzern hingegen sind es, so viel ich weiß immer, die Mitteltheile mindestens dreier Faserbündel (Fig. 3, e—g) die zu ein und demselben Blatte ausscheiden, meist schon im Blattstiele einer erneuten Theilung unterworfen (Fig. 3, g), in der Blattscheibe sich gegenseitig verästelnd und das Adernetz der Blätter bildend.

Ueber der Bündelausscheidung für das Blatt tritt dann eine zweite, nach außen gerichtete Faserbündelausscheidung ein, deren Stränge, da sie von zwei oder mehreren Faserbündeln ausgehen, sich schon ursprünglich gegenübertreten und durch eine der, den Faserbündeln des Achsengebildes ähnliche oder gleiche Verästelung und Wiedervereinigung, einen selbstständigen

Faserbündelkreis bilden. Nirgends spricht sich dieß so klar und überzeugend aus, als im Skelett des holzigen Knospenkegels der Blattachselknospen von Atragene alpina, das in Fig. 3 a viermal in der Seitenansicht, zweimal in der Aufsicht dargestellt ist. In der That ist hier der holzige Knospenkegel für die Blattachselknospe, von dem für die Endknospe, im Wesentlichen nicht verschieden und wir können uns die Ergänzungsfigur 3, ebenso über jedes Blattachselknospenskelett, wie über das Endknospenskelett x gestülpt denken. Damit sind dann auch alle Bedingungen einer, der Fortbildung aus der Endknospe gleichen Nebenachsenbildung gegeben.

Auch hierin einfacher ist die Bündelausscheidung für die Blattachselknospen bei den Nadelhölzern, indem hier über dem Blattstrange, jederseits des Faserbündels der Achse, nur ein Faserstrang sich abzweigt (Fig. 7). Gegenüberstehend laufen beide unverästelt bis zur Blattachselknospe und geben dort erst ihre Theilstränge nach innen an die jüngeren, inneren Ausscheidungen ab.

Man könnte hieraus leicht zu der Ansicht gelangen, es sei die Bündelausscheidung Ursache der Blatt- und Blattachselknospenbildung, es werde das Zellgewebe des Knospenwärzchens durch die Entwickelungsrichtung des Fasergewebes nach außen getrieben und zur Blatt- und Knospenbildung disponirt. Dem widerspricht die Thatsache: daß im Embryo z. B. der Kiefer (Holzschnitt Fig. 18) die, um das centrale Wärzchen gestellten, zu den Blättern heranwachsenden zelligen Hügel schon da sind, ehe noch eine Differenzirung des Zellgewebes in Zellen und Fasern eingetreten ist. Auch im nächstjährigen Triebe der Fichtenknospe (Fig. 8) sehen wir die Blätter schon über die Oberfläche des kleinen Hügels hervortreten, ehe noch eine Abzweigung von Faserbündeln zu ihnen bemerkbar ist. Dasselbe zeigt jede Triebspitze in den, den Knospenwärzchen zunächststehenden, jüngsten Ausscheidungen. Wir müssen daher annehmen, daß, wie bei den Zellenpflanzen so auch bei Holzpflanzen, das Zellgewebe (im engeren Sinne) es sei, welches die der Pflanzenart eigenthümliche Entwickelungsrichtung und Formbildung auch in den Ausscheidungen selbstständig vermittelt, daß das, wie ich zeigen werde, aus einer Umwandlung vorgebildeter Zellen entstehende Fasergewebe auch in seiner Entwickelungsrichtung der des Zellgewebes nachfolgt.

a. Die Blattausscheidung.

Sowohl in Bezug auf die Zahl der Blattausscheidungen an jedem Jahreswuchse, als in Bezug auf den Ort derselben, deren Gleichzeitigkeit oder Aufeinanderfolge, deren Zeilenzahl und Zeilenrichtung, zeigt sich bei verschiedenen Pflanzengattungen eine verschiedene, innerhalb gewisser Grenzen mathematische Gesetzmäßigkeit, die nicht allein ein wesentliches Moment botanischer Unterscheidung enthält, sondern dadurch auch von technischer Bedeutung ist, daß von der Blattstellung die Knospenstellung, von der Knospenstellung die Zweigstellung und Verästelung, von letzterer der Schaftwuchs und von diesem wiederum die technische Verwendbarkeit des Baumes wesentlich abhängt. Es wird dadurch gerechtfertigt sein, wenn ich auf diesen Gegenstand etwas näher eingehe.

Schon vorstehend habe ich über den, durch die Linien a b, c d in

den Figuren 2 und 6 angedeuteten Unterschied gesprochen, der aus der gleichen oder ungleichen Aufsteigung der Spiralen hervorgeht, in denen die primitiven Markstrahllücken geordnet sind; ich habe gesagt, daß hierauf der Unterschied in der gegenüberstehenden oder quirlförmigen (Fig. 2), von der spiralig aufsteigenden Anordnung der Ausscheidungen (Fig. 6) beruhe.

Hierzu tritt nun noch ein zweiter wesentlicher Unterschied. In den bisher betrachteten Fällen sehen wir der Basis einer jeden primitiven Markstrahllücke eine Blattausscheidung entspringen, deren jede (Fig. 2 b), oder deren mehrere vereint (Fig. 3) ein Blatt bilden. Die Zahl der Spiralen, die man sowohl als links wie als rechts gewundene verfolgen kann (Fig. 2, 6, a b, c d) ist in allen Fällen gleich der Zahl aller ursprünglichen Faserbündel des Bündelkreises, also immer eine mehrfache. Aber nicht bei allen Holzpflanzen liefert jede Markstrahllücke eine Ausscheidung. Bei der großen Mehrzahl der Laubhölzer bleibt die größte Zahl der Markstrahllücken ohne Ausscheidung und die, in mehr oder weniger weiten Abständen erfolgenden Ausscheidungen gehören dann entweder ein und derselben Spirale an, die vorherrschend die rechts gewundene ist (c d), so bei Quercus, Fagus, Salix etc., oder sie gehören mehreren Spiralen an, in welchen Fällen die Ausscheidungen derselben, gegenüberstehend, in gleichen Triebhöhen auftreten (Fraxinus, Acer, Aesculus). Bei den Cacteen betheiligen sich alle Spiralen an der intermittirenden Ausscheidung und zwar so: daß die Ausscheidungen selbst entweder geradlinig aufsteigend geordnet sind, jede folgende einer anderen Spirale angehörend (Cereus, Opuntia), oder so, daß sie selbst in eine Spirallinie treten (Melocactus, Mamillaria), trotz der auch hier gradlinigen und senkrechten Aufsteigung [1] der Faserbündel.

Vorstehende Ansichten über Blattausscheidung glaubte ich hier so weit darlegen zu müssen, als sie mit den in der Botanik herrschenden Meinungen nicht im Einklange stehen. In allem Uebrigen kann ich auf das treffliche Werk Wiegands (Der Baum. Braunschweig, Vieweg. 1854) verweisen.

Der vom Bündelkreise ausgeschiedene Faserstrang, vereinzelt oder mit mehreren Fasersträngen der Nachbarbündel vereint, bildet außerhalb des Achsengebildes, umgeben von Rindezellen, in der Regel zunächst einen kürzeren oder längeren Blattstiel, in welchem sich die durch Theilung meist vervielfältigten Bündel in sehr verschiedenartiger, den Arten und Gattungen eigenthümlicher Weise gruppiren, selbst bis zur Bildung eines vollständigen Bündelkreises. Ich habe darüber in meiner Forstbotanik eine Reihenfolge von Beobachtungen mitgetheilt. Ueberall enthalten die Blattstiele alle Elemente der Faserbündel des Stammes, sowohl des Holz- als des Basttheils derselben.

Nicht selten trennen sich schon an der Basis der Bündelausscheidung für das Blatt ein oder mehrere Bündelstränge und gestalten sich unter oder neben dem Blattstiele zu schuppenartigen Gebilden (Bracteen), wie in der Buchenknospe Fig. 4, woselbst sie als Knospendeckblätter auftreten, oder sie werden zu blattähnlichen Bildungen, Afterblätter genannt. Mitunter z. B. bei der Rothbuche, verlaufen diese Sonderbündel weit hin unter der

[1] Man kann sich von letzterem leicht überzeugen, wenn man am Fuße starker Melocactusstämme einen Kerbschnitt durch den Holzkörper macht und von hier aus Farbstoffe durch die Faserbündel auffaugen läßt.

Rinde und geben dieser ein geripptes Aeußere. Bei Calycanthus vergrößern sie sich oft viele Jahre hindurch in der Rinde, isolirt, durch eigene Jahrringbildung (s. meine Arbeit über normale und abnorme Holzbildung, Bot. Ztg. 1859 S. 109).

Wie es ein- und mehrjährige Pflanzen gibt, so gibt es auch ein- und mehrjährige Blätter, deren Lebensdauer von der Dauer des intermediären Längenzuwachses der Blattwurzel (s. weiter unten) abhängig ist und bis zu zehnjährigem Alter steigen kann (Tanne und Fichte, Cypressen, Araukarien). Die abgestorbenen Blätter trennen sich an der Basis des Blattstiels vom Aste, meist in Folge einer Zwischenbildung von Korkzellgewebe an dieser Stelle. Indeß ist dieß keineswegs allgemein. Die Blätter älterer als einjähriger Kiefern z. B. trennen sich nie von dem kurzen Blattachselknospenstamme, dem sie angehören, sondern fallen gleichzeitig mit diesem ab. Bei Taxodium und Glyptostrobus fallen die entwickelten Seitenäste mit den Blättern gleichzeitig ab. Es geschieht dies bei Glyptostrobus zum Theil erst im vierjährigen Alter des Triebes. In Beziehung hierzu stehen die Absprünge der Eichen und der Pappeln.

Bei den meisten Nadelhölzern setzt sich das einfache Faserbündel der Blattausscheidung durch den kurzen oder gänzlich fehlenden Blattstiel unverästelt auch in das Blatt fort, das bei allen heimischen Nadelhölzern gar nicht oder wenig in die Fläche sich erweitert. Bei den meisten Laubhölzern hingegen erweitert sich der Blattstiel zu einer mehr oder weniger ausgebreiteten Fläche, in der die Faserbündel, mannigfaltig verästelt, endlich in den feinsten Strängen anastomosirend in sich selbst zurückkehren.[1] Die geradlinige Fortsetzung des Blattstielbündels, bis zur Blattspitze nenne ich den Blattkiel (Fagus, Quercus etc.). Zertheilt sich der Blattkiel schon an der Blattbasis oder unfern dieser in mehrere geradlinige Stränge, wie bei Aesculus, Acer, Viburnum, Ribes etc.; so nenne ich, im Gegensatz zum mittleren Hauptkiele, die seitlichen Stränge: Nebenkiele. Die, wie die Rippen vom Schiffskiele, so vom Blattkiele winklich abstreichenden, nächst schwächeren Faserbündel, deren Verlauf in der Regel ebenfalls ein mehr oder weniger geradliniger ist, nenne ich die Blattrippen, die von diesen abgezweigten, untereinander anastomosirenden, schwächeren Faserbündel hingegen Blattadern (Blattnerven).

Mit dem, bei verschiedenen Holzarten verschiedenen Verlauf der Faserbündel des Blattes, hängt die, für die Erkennung der Pflanzen wichtige Blattform zusammen; wichtiger in Bezug auf die, erst spät zur Blüthe und Fruchtbildung gelangenden Holzpflanzen als für alle übrigen frühblühenden Gewächse.

Vom Einfacheren zum Zusammengesetzten fortschreitend unterscheiden wir:

a) Einfache Blätter.

1) Kreisförmige, 2) elliptische, 3) oblonge (wenn die Langseiten der Ellipse ganz oder nahezu parallel geworden sind), 4) linear (wenn die Länge des oblongen Blattes vielemal größer als die Breite ist),

[1] Eine merkwürdige Ausnahme macht Berberis, woselbst das wahre Blatt des Triebes als dreizackiges, dornähnliches Gebilde auftritt, während die Belaubung aus den untern Ausscheidungen der Blattachselknospen alljährlich sich erneuert.

5) eiförmig (wenn die Ellipse vor der Basis in Eiform sich erweitert), 6) verkehrt eiförmig (wenn die eiförmige Erweiterung vor der Blattspitze liegt). — — — 7) lanzettförmig (aus elliptischer Basis lang zugespitzt), 8) spatelförmig (aus elliptischer Spitze nach der Blattbasis hin geradlinig verengt, 9) spindelförmig (aus elliptischer Mitte nach beiden Blattenden zugespitzt). — — — 10) dreieckig, deltoid (aus annähernd geradliniger Basis dreieckig zugespitzt), 11) herzförmig (aus einspringendem Basalwinkel dreieckig), 12) rhombisch (aus ausspringendem Basalwinkel dreieckig), 13) keilförmig (aus spitzem Basalwinkel langgezogen dreieckig mit abgestutztem Blattende), 14) nierenförmig (aus herzförmiger Basis halbkreisförmig).

In Bezug auf den Rand sind die einfachen Blätter entweder ungetheilt (wenn jederseits der Rand eine gerade oder bogig verlaufende Linie bildet), abgesehen von kleineren Zähnen, Kerben oder Buchten, oder sie sind durch wellige Einschnitte gebuchtet, wenn die Einbiegungen den Ausbiegungen ähnlich sind, oder sie sind gelappt, wenn die Aus- und Einbuchtungen ungleich und seitlich bis zur Hälfte oder mehr dem Blattkiel genähert sind; sie sind gespalten, wenn die tiefen und spitzwinkligen Einschnitte nur vom Oberrande des Blattes ausgehen; sie sind getheilt, wenn oben solche Einschnitte von allen Seiten in die Blattscheibe eindringen.

Der Rand, sowohl der ungetheilten als der getheilten Blätter kann entweder ganzrandig oder gezähnt oder gekerbt, gesägt sein. Gezahnt nennt man den Rand, wenn durch stumpfe Einschnitte Zähne gebildet werden, die sich weder nach oben noch nach unten neigen. Gesägt nennt man den Rand, wenn spitze Zähne, die durch spitzwinklige Einschnitte von einander getrennt sind, der Blattspitze sich zuneigen. Sind die Sägezähne nicht spitz sondern abgerundet, so heißt dieß gekerbt. Doppelt gekerbt, gesägt, gezähnt nennt man es, wenn die größeren Zähne mit kleineren wiederum besetzt sind.

b) Zusammengesetzte Blätter.

Nicht überall erweitert sich der Blattstiel in eine einzige Blattscheibe. Nicht selten bildet er eine Mehrzahl gesonderter Blättchen, die entweder, wie bei der Roßkastanie, von der Spitze des Blattstiels ausgehen (gefingerte Blätter) oder, wie bei der Esche, auch an den Seiten des Blattkiels stehen (gefiederte Blätter). Sitzen die Blättchen nicht unmittelbar am Blattkiele, sondern an Blattrippen, die von ihm ausgehen, so nennt man dieß ein doppelt gefiedertes Blatt. Läuft die Spitze des Blattstiels in ein Blatt aus, so heißt das Gesammtblatt unpaarig gefiedert, im Gegentheil: paarig gefiedert.

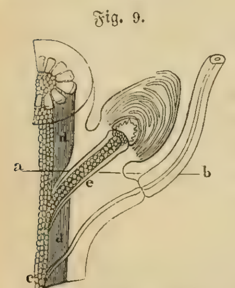
b. Die Knospenausscheidung.

Den Ursprung der Blattachselknospen, aus einer warzigen Erhebung des Zellgewebes der Blattachsel, in welche nach außen gerichtete Verzweigungen der Faserbündel des Achsengebildes hineinwachsen, das Zellgewebe selbst in Mark und Rinde scheidend und dadurch ein neues Achsengebilde constituirend, haben wir schon im Vorhergehenden kennen gelernt. Ich habe ferner gezeigt: daß die Faserstränge für das Knospengebilde, ebenso

wie die für das Blattgebilde, einer primitiven Markstrahllücke entspringen; daß in selteneren Fällen alle primitiven Markstrahllücken Ausscheidungen abgeben (Fig. 2, 3, 6); daß aber überall, wo eine Knospenbündelausscheidung besteht, dieser eine Blattbündelausscheidung derselben Markstrahllücke vorhergegangen ist,[1] während nicht immer der Blattbündelausscheidung eine Knospenbündelausscheidung folgt.

Bei den Laubhölzern folgt, so viel ich weiß, jeder Blattausscheidung auch eine Knospenausscheidung, und selbst an den Dorntrieben ohne Endknospe treten sie mehr oder minder reichlich auf. Bei Eiche, Buche, Ahorn, Esche 2c. sind die Achselknospen am fertigen Triebe, bis in die Knospenschuppen hinab, schon dem unbewaffneten Auge erkennbar, wenn auch die tiefer stehenden in der Entwickelung weniger weit vorgeschritten und kleiner, oft sehr klein werden. An den jüngsten Trieben alter Weiden, am spanischen Flieder erscheinen die untersten Blattachseln auf den ersten Blick steril, genaue, anatomische Untersuchung zeigt aber doch auch hier wenigstens die Anlage zur Knospe. Bei Tannen, Fichten, Lärchen hingegen fehlt die Blattachselknospe wirklich den meisten Blattausscheidungen. An der Spitze des Jahrestriebs treten sie als Quirlknospen, außerdem vereinzelt, zwischen je zweien Quirlen unregelmäßig vertheilt auf. An der Blattbasis aller übrigen Nadeln der Tannen 2c. habe ich keine Spur von Achselknospen auffinden können.

Fig. 9.

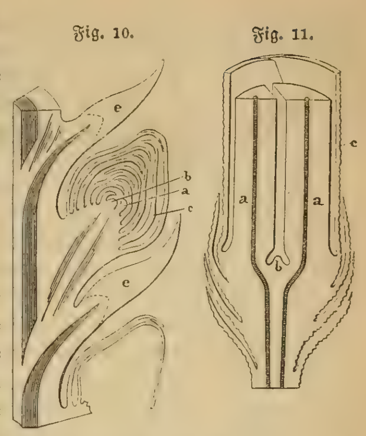


Die nebenstehende Figur 9 gibt die Ansicht des Längenschnittes einer Seitenknospe der Fichte und der ihr angehörenden Blattausscheidung, in Verbindung mit der Längsschnittansicht eines Triebstückes, dem die Knospe entspringt, vorzugsweise zur Erläuterung des Zusammenhanges des, durch kleine Kreise bezeichneten Markes in Trieb (c) und Knospe, und der Durchbrechung der Holzschichte im Triebe, durch den Holzkörper der Knospe (e) sowohl, wie des Blattes (c). Der Vergleich des hier gezeichneten Längsschnittes der Seitenknospe mit der ausgeführteren Zeichnung der Endknospe einer Fichte in Fig. 8, ergibt die Uebereinstimmung beider in allen wesentlichen Theilen.

Anders verhält sich dieß bei den Kiefern. Hier bildet sich über jedem, nur an der einjährigen Pflanze zur normalen Entwickelung kommenden, einfachen Blatte des Triebes auch eine Blattachselknospe; aber nur diejenigen Blattachselknospen, welche zunächst der Endknospe stehen, entwickeln sich zu normalen Triebknospen (Quirlknospen), deren Bau von dem der Endknospe (Fig. 5) nicht verschieden ist. Alle tieferen Blattachselknospen bleiben auf einer tieferen Entwickelungsstufe, indem sie nur 2—5 Blätter um das Knospenwärzchen entwickeln, aus denen später die Benadelung der Pflanze erwächst, während die Knospendeckblätter das bilden, was wir die Nadelscheiden nennen.

[1] Die seitenständige Blüthenknospe von Solanum dulcamara ist die einzige mir bekannte Ausnahme, abgesehen von den Wurzelstockknospen der Birke, Hasel, vieler Strauchhölzer, die schon mehr den Wurzelbrutknospen angehören.

Zum Vergleich mit Fig. 5 gebe ich in nebenstehender Fig. 10 den Längendurchschnitt eines Triebstückes der gemeinen Kiefer, vor Eintritt des Nadelausbruches; b ist das Knospenwärzchen, a ist eine der beiden das Wärzchen umstehenden künftigen Nadeln, c sind die Knospendeckblätter, die später zu den Scheideblättern des Nadelpaares werden, e sind die ächten, einfachen Blätter des Triebes, die später in der punktirten Linie abfallen und am fertigen Triebe sich nur noch an der Blattnarbe oder den wallförmigen Erhöhungen erkennen lassen, die den Trieb der Länge nach bedecken. In Fig. 11 gebe ich den unteren Theil eines, aus solcher Knospe erwachsenen Nadelpaares im Längenschnitte; a a sind die beiden Nadeln, b ist das Knospenwärzchen, c sind die zu den Scheideblättern umgewandelten Knospendeckblätter. [1]



Bei einigen Laubholzarten bildet sich unter der Blattachselknospe noch eine Unterknospe, z. B. Carpinus, Sambucus, Atragene, Juglans, oder es entwickeln sich über der Blattachselknospe eine oder zwei Oberknospen, z. B. Lonicera, oder es bildet sich an jeder Seite der Blattachselknospe eine Seitenknospe, z. B. Salix, die dann in der Regel erst im zweiten oder dritten Jahre äußerlich zum Vorschein kommen.

Nicht selten liegen die Achselknospen versteckt in versenkten und von der Rinde mehr oder weniger überwachsenen Höhlen, z. B. Robinia, Ailanthus, Gymnoclades, Xanthoxylon, Philadelphus, Ptelea, Cephalantus. In andern Fällen treten sie ungewöhnlich weit hervor und sind sogar deutlich gestielt bei Alnus, Cornus, Liriodendron, Anona, Sheperdia.

Abgesehen von den bei den Nadelhölzern bezeichneten Ausnahmen sind die ausgebildeten Blattachselknospen ihrem Baue nach von den Endknospen

[1] An allen einjährigen Kiefern besteht die Belaubung nur aus den einfachen ächten Blättern (Fig. 10 e), die ausnahmsweise auch noch an den Herbsttrieben der zwei- und dreijährigen Kiefern auftreten, bei P. Pinea bis zum 5. bis 6. Jahre die Belaubung bilden. Während der Zeit einfacher Belaubung bleiben die Blattachselknospen als schlafende Augen in der Entwickelung zurück, und diese sind es, die nach Beschädigungen durch Feuer, Wild oder Weidevieh einen Wiederausschlag zu erzeugen vermögen. Später bleibt das einfache Blatt in der Entwickelung zurück als unscheinbare Schuppe, die Belaubung erwächst aus den Blattachselknospen, und da diese mit den Blättern nach drei Jahren abfallen, so erlischt damit die Fähigkeit des Wiederausschlags. Werden grüne Nadeln der Kiefer von Raupen abgefressen, so können sie bis zu $^2/_3$ der normalen Länge aus der Scheide nachwachsen. Darauf beruht hauptsächlich das Wiederbegrünen durch Raupen befressener Bestände. Knospen- und Triebbildung aus dem Knospenwärzchen zwischen den Nadeln setzt einen kräftigen Wuchs junger Pflanzen voraus und tritt in älteren Beständen nie so reichlich auf, daß sie ein Wiederbegrünen zur Folge haben kann. Sie erfolgt hingegen regelmäßig aus den obersten Nadelbüscheln, wenn man im Frühjahre benadelte Triebe dicht unter dem ersten oder zweiten Quirl abschneidet.

nicht allein nicht verschieden, häufiger noch als die letzteren enthalten sie den Entwurf der nächstjährigen Blüthe. Bei Rüster, Esche, Weiden, Pappeln, Kiefern, Lärchen sind nur sie blüthebildend, während bei Eichen, Buchen, Hainbuchen, Haseln, Fichten sowohl End- als Achselknospen Blüthe bilden können; eine Eigenschaft, die bei Roßkastanien, Fliedern, Ahornen vorzugsweise den Endknospen zuständig ist.

Dahingegen sind die Achselknospen in Bezug auf ihre weitere Fortbildung unter sich verschieden. Ich unterscheide in dieser Richtung:

1) Langsproß-Knospen (Macroblaste), Knospen, aus denen normale Triebe, Zweige und Aeste hervorgehen.

2) Kurzsproß-Knospen (Brachyblaste), Knospen, die zwar ebenfalls alljährlich normale und belaubte Triebe bilden, deren Triebe aber ungewöhnlich kurz bleiben und im ungestörten Verlauf des Wachsthums nie zu Zweigen und Aesten sich ausbilden (zum Theil Fruchtästchen der Gärtner).

3) Verborgensproß-Knospen (Kryptoblaste), Knospen, die viele Jahre hindurch in sich unverändert bleiben, die aber alljährlich unter sich im neuhinzutretenden Holz- und Bastringe einen kurzen Längentrieb bilden und sich dadurch lebendig erhalten, bis Krankheit oder Verletzung des Baumes sie zur Triebbildung nach außen veranlaßt (zum Theil: schlafende Augen der Gärtner; Präventivknospe in meinen früheren Schriften).

4) Kugelsproß-Knospen (Sphäroblaste), Verborgensproß-Knospen, deren unterknospige Triebbildung aufgehört hat, die aber, in der Rinde isolirt fortlebend, durch concentrische Jahrringbildung zu kuglichen Holzknollen heranwachsen.

1. Langsproß-Knospen. (Macroblaste.)

Ich habe gesagt, daß die Blattachselknospen jähriger Triebe nicht bis zu gleichem Grade sich ausbilden. Die oberen sind stets weiter in der Entwickelung vorgeschritten als die unteren, so daß die untersten oft kaum dem bloßen Auge erkennbar sind. Bis zu einem gewissen Alter der Bäume entwickeln sich nur die oberen, ausgebildeten Seitenknospen zu Trieben, alle übrigen zeigen äußerlich gar keine Veränderung; bei Ahornen, Eschen, Weidenstocklohden sind sogar die Fälle nicht selten, daß bis zum 2—3jährigen Alter der Pflanze gar keine Blattachselknospen zur Triebbildung gelangen, besonders wenn die Pflanzen im Schlusse stehen. Indeß gelangen in der Regel einzelne Achselknospen schon im einjährigen, oder doch im zweijährigen Alter der Pflanzen zur Triebbildung und entwickeln sich ganz in der Art der Endknospe, nur daß sie, schon von ihrer Basis aus, eine zur Achse des Stämmchens diagonale Richtung verfolgen und im Längenwuchse um etwas hinter den Haupttrieben zurückbleiben. Es beruht hierauf die, sowohl bei verschiedenen Baumarten, als bei ein und derselben Baumart in verschiedenem Alter verschiedene Form des Schaftes und der Baumkrone. Die meisten Strauchholzarten sind, wie die Baumhölzer, in den ersten Jahren einstämmig und ihr Strauchwuchs entsteht erst im zweiten oder dritten Jahre dadurch, daß Achselknospen des Schafts oder des Wurzelstockes zu einer mit dem Wuchse des Haupttriebs rivalisirenden Entwickelung gelangen. Im Gegensatze hierzu behält bei Fichten, Tannen, Lärchen, bei der Pyramiden-

pappel, bei der Pyramideneiche die Hauptachse für immer das Uebergewicht. Eine wirkliche Kronenbildung tritt hier nie, sondern nur Bezweigung ein. Zwischen diesen beiden Extremen stehen die verschiedenartigsten Zwischenstufen, sowohl was die Form der Kronenbildung, als die Zeit des Beginns derselben betrifft. Bei den Kiefern, bei der Rothbuche, der Erle zeigt der Schafttrieb bis über das mittlere Alter hinaus ein entschiedenes Uebergewicht, worauf dann erst die Seitentriebe zu überwiegender Entwickelung gelangen und eine mehr oder minder schirmförmige Krone bilden, in der der Haupttrieb entweder sehr verkürzt ist oder durch mehrfache Gabeltheilung in Seitenäste gänzlich verloren geht. Dieß tritt bei der Eiche im Vergleich mit der Buche und Hainbuche, beim Apfelbaume im Vergleich mit dem Birnbaume, beim Feldahorn im Vergleich zum Bergahorn, bei der Sauerkirsche im Vergleich zur Süßkirsche, also bei nahe verwandten Holzarten, unter gleichen Entwickelungsverhältnissen viel früher ein und hat eine, die Gebrauchsfähigkeit schmälernde Verästelung des Schaftes in geringerer Höhe zur Folge, der wir durch Erziehung der Pflanzen in dichterem Stande, beziehungsweise durch Schneitelung bis zu einem gewissen Grade entgegentreten können.

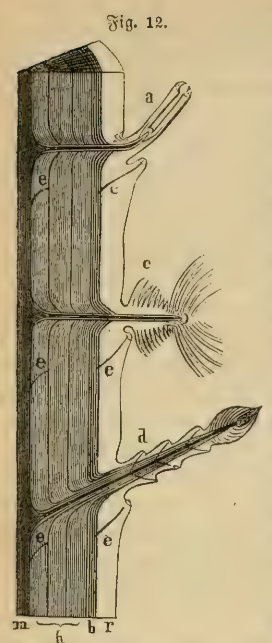
Aber auch die Entwickelungsrichtung der Seitenzweige hat einen wesentlichen Einfluß auf die spätere Gestalt der Bezweigung oder Kronenbildung. Abgesehen von dem Einfluß der Schwere und des, der tieferen Bezweigung durch überstehende oder unterstehende Laubmassen geschmälerten Lichteinflusses, welche den normalen Aststand abändern können, abgesehen ferner von individuellen Eigenschaften der Bäume (Hängebirke, Hängeesche, Pyramideneiche, Pyramidenwachholder ꝛc.) [1] zeigen z. B. Fichte und Tanne, Schwarzpappel und Zitterpappel, die weiße und die fünfmännige Weide ꝛc. hierin die auffallendsten Unterschiede in den kugel-, kuppel-, schirm-, kegelförmigen Umrissen der Krone, in der radialen, besenförmigen, sparrigen Aststellung. Es würde die hier vorgezeichneten Grenzen überschreiten, wenn ich auf diesen, dem Forstmanne sehr interessanten Gegenstand hier näher eingehen wollte, was ich um so eher unterlassen kann, da erst in neuerer Zeit der morphologischen Betrachtung des Baumwuchses durch Wiegands treffliches Werk (der Baum; Betrachtungen über die Gestalt der Holzgewächse, Braunschweig 1854) eine umfassende Darstellung zu Theil geworden ist.

2. Kurzsproß-Knospen. (Brachyblaste.)

Bereits Seite 145 habe ich gezeigt, daß die Belaubung der Kiefern, vom zweijährigen (bei Pinus Pinea vom 5—6jährigen) Alter an aus Blattachselknospen hervorgehe, die ein für allemal gleichzeitig 2 oder 3 oder 5 Nadeln im Umfange ihres Knospenwärzchens ausbilden. Trotz der dreijährigen Lebensdauer dieser Blattbüschel bleiben dieselben bis zu ihrem Tode und Abfalle äußerlich unverändert. Da aber im dritten wie im ersten Jahre die, von einem eigenen Holzkörper eingeschlossene Markröhre dieser Blattbüschelknospen ununterbrochen bis zur Markröhre des Achsengebildes verläuft und

[1] Aussaat des Samens von ein und demselben Baume der Pinus Pumilio liefert die verschiedensten Baumformen, theils einstämmig gerade aufsteigende, theils aufgerichtete pyramidal beästete, theils niederliegende Stämme.

Fig. 12.



in diese einmündet, woran man sich durch Längenschnitte benadelter, dreijähriger Kiefertriebe leicht überzeugen kann (Fig. 12 a), so hat im zweiten und dritten Holzringe des Triebes die Blattbüschelknospe alljährlich unter sich einen Längentrieb von der Länge der Jahrringbreite gebildet, dessen Mark- und Holzkörper den Holzkörper, den Bast und die Rinde des Achsengebildes mehr oder weniger rechtwinklig durchsetzt. Da dieser Längenzuwachs nicht in der Knospe, sondern zwischen ihr und dem vorgebildeten Längentriebe derselben erfolgt, so habe ich ihn den intermediären, auch unterrindigen Längenzuwachs genannt.

Fig. 12 zeigt den Längenschnitt der Hälfte eines dreijährigen Kiefertriebes mit dem Längenschnitte der Markröhre (m), des Holzkörpers (h), der Bastlagen (b), der Rinde (r) [1] und eines dreijährigen Nadelbüschelstammes durch alle Jahreslagen (a). Der Blattstamm (e) ist durch die nachgebildeten Holz- und Bastlagen nicht unterbrochen. [2]

Gehen wir einen Schritt weiter, so sehen wir in dem Blattbüschelstamme der Lärche (Fig. 12, c) ganz dieselbe Bildung innerhalb des mehrjährigen Triebes. Es tritt aber ein wesentlicher Unterschied darin hervor, daß außer dem intermediären Längenzuwachse im Innern des Triebes auch ein Längenzuwachs in der Knospe alljährlich stattfindet, der jedoch verschwindend kurz ist, auf seiner Spitze aber alljährlich einen nadelreichen Blattbüschel entwickelt, den wir uns so deuten müssen, als seien es die Nadeln eines Großtriebes, der, wie die in einander geschobenen Glieder eines Fernrohrs, auf eine geringe Länge verkürzt ist. Die nur einjährige Lebensdauer der Nadeln hat überall eine Unterbrechung der Verbindung zwischen e e schon im zweiten Jahre zur Folge. [3]

Besonders schön entwickelt an älteren Aesten der Rothbuche finden wir

[1] Auch die einfachen Faserstränge für die Blattausscheidung der oft bis zum achten Jahre lebendig bleibenden Fichten- und Tannennadeln erhalten sich bis zum Nadelabfalle durch intermediären Längenzuwachs in der jedesmal jüngsten Holzschicht des Triebes vom Mark derselben bis zur Nadelspitze ununterbrochen fortlaufend. Es ist daher dieser Zuwachs an das Vorhandensein eines ihm angehörenden Markcylinders nicht gebunden.

[2] In der Abbildung zwischen dem obersten e e gradlinig zu ergänzen.

[3] Die in Fig. 12 mit e bezeichneten Faserbündel der Blattausscheidung erhalten sich durch intermediären Zuwachs nur bis zum Blattabfalle vom Mark bis zur Blattnarbe im Zusammenhange. Wo das Blatt schon im ersten Jahre der Triebbildung abfällt, da legen sich, wie die Figur zeigt, alle späteren Holz- und Bastschichten ununterbrochen zwischen Anfang und Ende dieser Faserbündel. Im innersten Holzringe junger Kiefern oder Lärchenstämme lassen sich diese Faserbündel in einer den Ausscheidungen entsprechenden Zahl noch sehr deutlich erkennen; im innersten Jahresringe alter Bäume finde ich höchstens 10—15 Proc. derselben erhalten. Es ist dieß der einzige mir bekannte Fall stattfindender Resorption der den Holzkörper radial durchsetzenden Blatt- oder Knospenstämme.

ähnliche Gebilde (Fig. 12 d), deren Länge und fast gleiche Dicke, im Verhältniß zum Aste dem sie aufsitzen, ungewöhnlich gering ist, aus deren normal gebildeter Endknospe sich alljährlich, wie bei der Lärche, ein Blattbüschel entwickelt. An den geringen Abständen der ringförmig den Trieb umgebenden Knospeschuppenwülsten erkennen wir die geringe Länge der Jahrestriebe dieser Zweige, deren Zahl mit der Zahl der Jahresringe ihres Astes übereinstimmt.

Wie Fig. 12 d zeigt, weichen die Kurzsprossen der Laubhölzer jedoch darin von denen der Nadelhölzer ab, daß deren im Holzkörper des Astes liegende Basis, wie die der Langsprossen, schräg aufwärts gerichtet ist, und daß wie dort die versenkte Basis sich nach außen kegelförmig erweitert, durch das Hinzukommen neuer, wenn auch sehr schmaler Holzschichten in jedem neuen Jahresringe. Sie gleichen daher den Langsprossen bis auf die geringen Zuwachsdimensionen und die beschränkte, selten mehr als 8—10jährige Lebensdauer, worin sie sich den Brachyblasten der Nadelhölzer nähern, deren normale Lebensdauer eine noch kürzere ist.

Die Brachyblaste der Nadelhölzer entwickeln sich schon vom zweijährigen Alter der Holzpflanze an, sterben aber nach wenigen Jahren ab, die Fälle ausgenommen, in denen sie durch Verletzung oder Krankheit einzelner Baumtheile zu Großtrieben sich ausbilden. Die Brachyblaste der Laubhölzer hingegen entstehen in der Regel erst im vorgeschrittenen Alter der Pflanze und bilden dann die innere Belaubung des Baumes, wodurch sie einen wesentlichen Einfluß auf den Beschattungsgrad der Schirmfläche gewinnen.

In der Regel verästeln sich die Brachyblaste nicht, sondern sie sterben nach 10—15 Jahren am eben so alten Stamme oder Aesten als einfache Achsengebilde. In einzelnen, besonders bei Kiefern, Fichten, Hainbuchen, Birken häufiger vorkommenden Fällen entstehen durch reichliche Verästelung der Kurzsprosse abnorme Bildungen, die wir H e x e n b u s ch nennen und als eine, außer dem Holzkörper des Stammes auftretende Maserbildung betrachten können.

Häufiger noch als die Langtriebe bilden die Kurztriebe Blütheknospen, daher sie von den Gärtnern mit Recht „F r u ch t ä st ch e n" genannt werden. Der größte Theil des Samens der Rothbuche entspringt den Kurztrieben, die dann ausnahmsweise etwas längere Triebe bilden, sich auch mitunter verästeln, so daß mehrere Samenkapseln an demselben Kurztriebe sitzen. Bei den Obstbäumen, bei Crataegus, Cornus, Rhamnus etc. sind hauptsächlich diese Kurztriebe blüthe- und fruchtbringend.

Auch die Dornäste von Prunus, Gledischia, Ulex, Ononis, Hippophäe etc., deren Belaubung von Seitenknospen ausgeht, da ihnen die Endknospe fehlt, kann man den Kurztrieben zuzählen, von denen ich daher folgende Unterarten unterscheide:

1) D o p p e l w ü ch s i g e (diplogene) Kurztriebe, d. h. solche mit gleichzeitig intermediärem und terminalem Längenwuchse. Dahin gehören die Nadelbüschel der Lärche mit einjähriger, der Ceder mit mehrjähriger Belaubung, ferner die Stammsprossen der dreinadligen Kiefern (Taeda) und die Fruchtästchen aller Laubhölzer (Fig. 12 d).
2) E i n w ü ch s i g e (isogene) Kurztriebe mit nur intermediärem Längenzuwachse. Dahin gehören die gewöhnlichen Nadelbüschel aller Kiefern.

Die Laubholz-Dornäste mit abortirender Endknospe (Prunus spinosa, Crataegus Hippophäe). In Bezug auf die Art des Wachsens schließen sich diesen zunächst die schlafenden Augen aller Laubhölzer (Kryptoblaste) und die Blätter aller Pflanzen mit mehrjähriger Blattdauer an.

3. Verborgensproß-Knospen. (Kryptoblaste.)

Diejenigen Großknospen, welche im zweiten Jahre des Triebes weder zu Groß-, noch zu Kleintrieben sich entwickeln, sterben größtentheils schon im zweiten Jahre und fallen ab. Es erlischt damit die normale Wiederausschlagfähigkeit des Triebes an diesen Punkten für immer. Die viel kleineren Achselknospen an den unteren Theilen der Triebe, ferner die Unter-, Ober- und Seitenknospen zeigen ein anderes Verhalten. Im normalen, ungestörten Verlaufe der Entwicklung ihres Trägers kommen sie zwar nicht zur Triebbildung, viele Jahre hindurch erleiden sie weder äußerlich, noch im Bereiche der Knospe selbst, irgend eine bemerkbare Veränderung desjenigen Zustandes, bis zu welchem sie sich am einjährigen Triebe ausbildeten, bis Krankheit oder Verletzungen des Baumes ihre Entwicklung zu Stammsprossen, Wasserreisern, Räubern, Stocklohden aus unverletzter Rinde zur Folge hat; indeß hört ihr Längezuwachs auch während ihres Zustandes als schlafende Augen nicht gänzlich auf, es setzt sich derselbe aber nicht in, sondern unter der Knospe fort, und zwar im Bereiche der alljährlich hinzutretenden Holz- und Bastschichte, dieselben rechtwinklig durchsetzend.

Fig. 13.

a

b

c

d

e

f

Im Gegensatze zum Ausdrucke „Adventivknospen" habe ich diese Knospenarten früher Präventivknospen genannt. Des Einklanges wegen mit den, Seite 146, 147 aufgeführten Benennungen anderer Entwicklungsarten der Blattachselknospe habe ich obige Namensveränderung für zweckmäßig erachtet.

Die nebenstehenden Figuren 13 a—f geben die Entwicklungsfolge eines Kryptoblasts vom einjährigen bis zum sechsjährigen Alter des Stammes, wie man sie zur Ansicht erhält, wenn man kurze, ein schlafendes Auge einschließende Walzenstücke 1—6jähriger Triebe zu kleinen Scheiten so ausspaltet, daß der Längsspalt den Knospenstamm in zwei Hälften trennt.[1] Von der Markröhre des Triebes aus sieht man

[1] In allen Figuren bildet die dunkel gehaltene Markröhre des Triebes die Grenze der Figuren rechts. Dieser schließen sich die in jeder Figur um einen vermehrten, durch einfache Linien begrenzten Holzringe an, denen die gleichlaufigen, durch dichter neben einander stehende einfache Linien bezeichneten Jahreslagen des Bastes folgen, äußerlich begrenzt von der die Knospen tragenden Rinde. Die in a vom Mark bis zur Blattnarbe unter dem Knospenstamme ununterbrochen verlaufende Bogenlinie bezeichnet das Faserbündel für die Blattausscheidung. In den tieferen Figuren ist Anfang und Ende desselben durch die dazwischen gebildeten Holz- und Bastlagen des zweiten und aller folgenden Jahre unterbrochen, da bei allen Pflanzen mit einjähriger Belaubung ein intermediärer Zuwachs dieses einfachen Faserbündels nicht stattfindet. Bei allen Pflanzen mit mehrjähriger Belaubung findet auch hier dieser Zuwachs so lange statt, als das Blatt lebendig bleibt.

in jedem Stücke ein schmales, von einem querlaufenden schmalen Holzkörper eingeschlossenes Mark bis in die Knospe hinein verlaufen. Im einjährigen Triebe (a) verläuft dieser markhaltige Knospenstamm geradlinig in schräger Richtung nach außen, und diese Richtung bleibt in allen Figuren innerhalb des innersten Holzringes, des äußersten Bastringes und der Rinde unverändert. Die in jedem neu hinzukommenden Holz- und Bastringe durch intermediären Zuwachs alljährlich entstehenden Zwischenstücke, die in Bezug auf die Knospe als Längentriebe betrachtet werden müssen, entwickeln sich stets in einer, zur Querschnittfläche des Triebes radialen Richtung, unterscheiden sich auch dadurch vom Längentriebe der Großsprosser, daß eine Erweiterung der im Holze liegenden Triebbasis durch neu hinzutretende Holzschichten hier nicht stattfindet. Die in allen Triebstücken unveränderte Knospe sehen wir in den älteren Trieben mehr und mehr in die Rinde versenkt oder, richtiger, von dieser überwachsen, daher die schlafenden Augen mit zunehmendem Alter des Astes äußerlich sich nicht mehr erkennen lassen.

In der geschilderten Weise können die Kryptoblaste ohne äußeres Lebenszeichen[1] 10, 20—100 und mehr Jahre hindurch durch intermediären Zuwachs sich lebendig erhalten; ihre Fortdauer als Kryptoblast ist aber abhängig von der Fortdauer des intermediären Zuwachses; hört dieser auf, bildet sich früher oder später ein von ihm nicht durchsetzter Holzring, wie dieß in der jüngsten Holzschicht der Fig. 13 f der Fall ist, dann stirbt damit das schlafende Auge. So lange dieß nicht der Fall ist, so lange das Mark der Knospe mit dem des Triebes in ununterbrochenem Zusammenhange steht, ruht die Knospe selbst fortdauernd und unverändert unter normaler Entwicklung der Pflanze; Krankheit, besonders Gipfeldürre, gewaltsame Entlaubung oder Abhieb überstehender Baumtheile erweckt sie aber zur Thätigkeit. In der Form von Wasserreisern, Räubern, in der Form von Stamm- oder Stockausschlag sehen wir sie jetzt zum Triebe hervorbrechen. *Jeder aus unverletzter Rinde hervortretende Trieb* ist das Produkt eines in der Rinde lebendig gebliebenen Kryptoblast, und diese sind es, auf denen die Wiederausschlagfähigkeit unserer Laubhölzer aus unverletzter Rinde älter als einjähriger Baumtheile beruht. Der den Reproduktionserscheinungen angehörende Ausschlag aus *Adventivknospen* hat ihnen gegenüber nur eine untergeordnete Bedeutung.

Der Wiederausschlag aus Kryptoblasten beruht also darauf, daß eine viele Jahre hindurch *in sich* schlummernde, aber *unter sich* fortwachsende Blattachselknospe durch Krankheit oder Verletzung des Baumes zur normalen Triebbildung erweckt wird. Der in der Knospe selbst liegende, von den Knospenschuppen umstellte, anticipirt entwickelte embryonische Trieb (Fig. 4) ist es, der aus seinem oft mehr als 100jährigen Schlummer erweckt wird und hinfort sich ganz ebenso fortbildet, wie die Triebe aus jeder andern Knospe.

Das durch unterrindige Triebbildung erhaltene, wenn auch schlummernde

[1] Bei der Rothbuche kommt es mitunter vor, daß die Kryptoblaste, ohne Triebbildung aus der Knospe, dennoch auch *äußerlich* unterknospigen Längenwuchs bilden, wodurch der Kryptoblast im Verlauf der Jahre einen bis zwei Meter langen Stiel erhält, der, meist nach der Rinde hin gekrümmt, die Knospe dicht an den Trieb preßt. Ueberhaupt ist die Rothbuche für das Studium des Kryptoblastenwuchses am geeignetsten.

Leben des Kryptoblast dauert bei verschiedenen Holzpflanzen verschieden lange Zeit. Bei der Birke sterben die meisten Kryptoblaste schon mit 10—12jährigem Alter, bei der Rothbuche erhalten sich viele bis zum 40—50jährigen Alter; mehr als 100jährige Linden- oder Eichenstöcke liefern noch reichlichen Ausschlag aus unverletzter Rinde. Wenn in höherem Alter der Stöcke die Wiederausschlagfähigkeit erlischt oder sich geschwächt zeigt, hört man häufig die Erklärung, „es sei die Rinde so hart und dick geworden, daß sie von den Knospenkeimen nicht mehr durchbrochen werden könne." Das Vorstehende ergibt die Unzulässigkeit dieser Erklärung, da die schlafenden Augen, wenn auch von der Rinde mehr oder weniger überwachsen, dennoch stets nach außen frei liegen, von einem Durchbrechen der Rinde daher gar nicht die Rede sein kann. Der aus Adventivknospen entstehende Stockausschlag bildet sich hingegen, wie ich später zeigen werde, stets nur im einjährigen Ueberwallungswulste der Wundränder und gleichzeitig mit diesem, daher auch hier von einem „zu dick werden" der Rinde nicht gesprochen werden kann. Die Thatsache einer mit zunehmendem Alter der Baumtheile sich vermindernden Wiederausschlagfähigkeit beruht vielmehr theils auf früher oder später eintretendem Absterben der Kryptoblaste, theils auf abnehmender Lebenskraft und Entwicklungsfähigkeit derselben. [1]

An mehrhundertjährigen Eichen sieht man nicht selten, in Folge eintretender Gipfeldürre, Stammsprossen aus der unverletzten Rinde unterer Schafttheile hervorwachsen. Es ist keinem Zweifel unterworfen, daß die Knospen, aus denen diese Triebe hervorgehen, schon am einjährigen Triebe der jungen Eiche entstanden sind, daß sie also mehrere Hundert Jahre alt sein können, ohne in sich irgend eine Veränderung zu erleiden, aber auch ohne ihre Entwickelungsfähigkeit (Lebenskraft) einzubüßen, die in jedem Jahre des mehrhundertjährigen Zeitraums in Thätigkeit gesetzt werden kann. Während dieser langen Zeit ist die schlafende, richtiger scheintodte Knospe vollkommen gesund, alle Bedingungen normaler Fortbildung zum Triebe sind vorhanden, und wenn die Knospe demohngeachtet ihre stofflichen Arbeitskräfte nicht in Thätigkeit setzt, so muß wie bei der Samenruhe eine Kraft mitwirkend sein, die solches verhindert.

Im höheren Alter der Kryptoblaste tritt nicht selten hier und da

[1] Obgleich nahe 20 Jahre verlaufen sind, seit ich die dem Forstmanne so wichtige Lehre von den Ursachen des Wiederausschlags veröffentlicht habe, so leicht es ist, jeden Punkt dieser Lehre an Längen- und Querschnitten der Hölzer, selbst mit unbewaffnetem Auge zu verfolgen, hat sie dennoch bis jetzt in der wissenschaftlichen Botanik nicht allein keine Aufnahme gefunden, sondern selbst die neueren und neuesten Schriftsteller über physiologische Forstbotanik erwähnen ihrer nicht. Die Kryptoblaste oder Präventivknospen werden immer noch mit den Adventivknospen zusammengeworfen, von denen sie genetisch himmelweit verschieden sind. Es gibt kaum eine undankbarere Arbeit, als die Cultur der physiologischen Botanik; selbst die wichtigsten Beobachtungen sind wie in den Wind geschrieben. Man möchte schier erlahmen in der Opferwilligkeit, die solche Arbeiten erheischen, wäre nicht die „bombenfeste" Ueberzeugung ihrer Nothwendigkeit für den wissenschaftlich begründeten Fortschritt der wichtigsten Zweige unseres Faches. Es wird das erst dann besser werden, wenn die Physiologen von Fach sich darauf einlassen, die Lebenserscheinungen der Pflanze an der lebenden Pflanze selbst, anstatt in den Lehrbüchern der Physik und der Chemie zu studiren. Wie die Sache heute betrieben wird, darf man nicht staunen, wenn der Physiologie vorgeworfen wird, sie sei hinter Physik und Chemie weit zurückgeblieben.

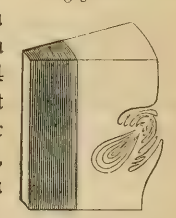
eine Theilung der Knospe und eine hierauf beruhende Verästelung des unterrindigen Knospenstammes ein. (S. Naturgesch. der forstl. Culturpfl. Taf. 8. Fig. 70.) Es beruht hierauf die Maserbildung am Fuße alter Eichen, Linden, Rüstern ꝛc., deren im Tangentalschnitte hervortretende, sogenannte Augen nichts weiter sind als die Querschnitte der Markcylinder vieler Kryptoblastenstämme, zwischen denen die Holzfasern des Triebes eine gewundene Lage annehmen müssen. Wie die Verästelung der Brachyblaste außerhalb des Stammes oder Astes den Hexenbusch bildet, so bildet die Verästelung der Kryptoblaste innerhalb des Stammes den Maserwuchs. Der Hexenbusch ist gewissermaßen eine äußerliche Maserbildung und versinnlicht recht gut die Letztere, wenn man sich die Räume zwischen seinen zahlreichen Aestchen mit Holzfasern ausgefüllt denkt. Jedoch ist nicht jede Maserbildung an das Vorhandensein von Kryptoblastestämmen gebunden. Ein 15 Centim. starker Epheustamm meiner Sammlung zeigt sehr schöne Maserbildung auch ohne centrale Markcylinder. Dieser markfreie Maserwuchs findet sich auch an überwallten Aststümpfen der Eiche, Buche ꝛc.

4. Kugelsproß-Knospen.

Hört der unterrindige oder intermediäre Längenzuwachs der Kryptoblaste auf, so stirbt in der Regel auch die über ihm in der Rinde liegende Knospe. Hier treten jedoch einige beachtenswerthe, physiologisch wichtige Ausnahmen auf.

Während bei den europäischen Kiefern die weibliche Blüthe und der daraus entstehende Zapfen im Blüthejahre endständig bleibt, wächst bei (allen?) dreinadligen Kiefern die Triebspitze noch im Jahre der Blüthe über die jungen Zapfen hinaus, so daß diese am fertigen Triebe etwas über der Mitte des Triebes stehen. In der Umgebung der Zapfen sowohl, als da wo die männlichen Blüthen sich entwickeln, bleibt dann eine nadelfreie Zone, in der die Blattachselknospen nicht zur Blattbildung vorschreiten, sondern im Zustande von Kryptoblasten verharren, deren Vorhandensein die dreinadligen Kiefern ihre, an älteren Stammtheilen häufig hervortreibenden Brachyblaste und die daraus muthmaßlich hergeleitete Wiederausschlagfähigkeit verdanken. Von diesen Kryptoblasten schließt sich nun ein großer Theil nach unten zu einem holzigen Knollen ab, der, wie die nebenstehende Fig. 14 zeigt, alljährlich eine neue kugelmantelförmige Holzschicht entwickelt. Ohne mit dem Mark-, Holz- und Bastkörper des Triebes in irgend einer Faserbündelverbindung zu stehen, führt diese Knospe im Rindezellgewebe gewissermaßen ein parasitisches Leben.

Fig. 14.



In ganz gleicher Weise entstehen die kuglichen Knollen bis zu mehreren Zoll Durchmesser, die man sehr häufig über die Rinde älterer Rothbuchen und Weißerlen, seltener an Eichen-, Ahorn-, Roßkastanien- und Krummholzkieferstämmen hervorragend findet. Auch dieß sind Kryptoblaste, die in Folge aufhörenden intermediären Zuwachses nicht absterben, sondern noch viele Jahre hindurch in der Rinde fortleben, alljährlich eine kugelmantel-

förmige Holzschicht im Umfange der vorgebildeten entwickelnd. Bei der Rothbuche findet man nicht selten den Kryptoblast, dem der Sphäroblast seine Entstehung verdankt, als abgestorbene Knospe auf der Außenfläche des Knollens, den ich von Ahorn und Erle bis zu 4 Centim. Durchmesser besitze. Das physiologisch Wichtige liegt in dem vollkommenen Abgeschlossensein dieser Holzknollen in der Rinde, ohne eine Spur Säfte zuleitender Gefäße, trotz der oft 20 Jahre fortgesetzten normalen Schichtbildung des Holzes und des Bastes.

c. Die Ausscheidungen in der Knospe.

Das Wesen der Knospe (in dem hier vorliegenden Sinne) haben wir darin erkannt, daß um den anticipirt entwickelten nächstjährigen Längen- oder Blattachseltrieb einer Holzpflanze, außer den mehr oder minder hoch entwickelten Blättern und Blattachselknospen, in der großen Mehrzahl der Fälle auch noch schuppenähnliche Gebilde vorhanden sind, durch welche die anticipirt entwickelten, krautigen Theile den Winter über gegen die nachtheiligen Einflüsse der Witterung geschützt werden.

Wenn der nächstjährige Trieb von Knospenschuppen umstellt und eingeschlossen ist, wie bei der Buche, Eiche, Kiefer, heißt die Knospe eine perulirte. Wenn die Knospenschuppen fehlen, wie das bei den Wachholdern, bei der grauen Wallnuß, dem Tulpenbaum der Fall ist, nennt man die Knospe eine offene oder nackte.

Nach der verschiedenen Natur der am anticipirt entwickelten Achsengebilde erkennbaren Ausscheidungen unterscheiden wir:

Triebknospen, Blütheknospen, Blüthetriebknospen, Wurzelknospen.

Triebknospen sind solche End- oder Achselknospen, in denen alle um die Achse gebildeten Ausscheidungen zu Blättern, Achselknospen und Knospenschuppen gestaltet sind (Fig. 4 Buchenknospe; Fig. 5 und 8 Kiefer- und Fichtenknospe). Sie liefern entweder blütheloſe Lang- oder Kurztriebe oder verharren längere oder kürzere Zeit oder für immer im Zustande schlafender Augen. Das anticipirt entwickelte Achsengebilde zeigt entweder nur Blattausscheidung (3 h Fig. 8), oder diese und Blattachselknospen (Fig. 5), oder diese und Knospendeckblätter (Fig. 4).

Blütheknospen sind solche Knospen, in denen sich alle Theile des Knospenkegels zu Blüthetheilen ausgebildet haben, wie z. B. bei den Pappeln; bei mehreren Weidenarten, den Zapfenbäumen mit Ausschluß der Kiefer, den Gattungen Myrica, Clematis, Viscum, Daphne, Ulmus, Fraxinus, zum Theil Cornus, Cerasus, Lonicera etc. Es erleiden hierbei die Blätter des Knospenkegels eigenthümliche Veränderungen, sowohl in Bezug auf ihre Stellung, als in Bezug auf ihre Bildung. In der vollkommenen Zwitterblüthe verwächst ein unterster Blattkranz zum Kelche, ein zweiter Blattkranz bildet die Blumenkrone, ein dritter den Staubfadenkranz, ein vierter verwächst zum Fruchtknoten. Ein fünfter, achsenständiger Knospenkranz entwickelt sich bei Eiche, Buche, Kastanie, Esche ꝛc. zu Eiern im Innern des Fruchtknotens, wenn letztere nicht der innern Wandfläche des Fruchtknotens unmittelbar entspringen, wie dieß bei den Gattungen Prunus, Pyrus, Robinia, Salix, Pinus etc. der Fall ist.

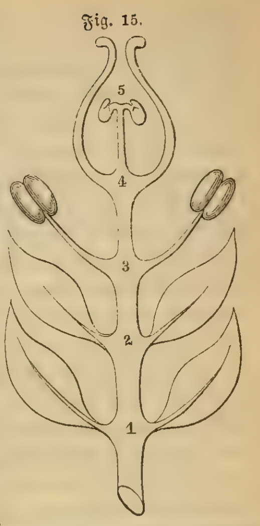


Fig. 15.

Nebenstehend gebe ich die schematische Darstellung einer vollkommenen, normal gebauten Zwitterblüthe, wenn man sich deren Achse verlängert und dadurch die verschiedenen Blattquirle von einander getrennt und in ihre einzelnen Blätter zerlegt denkt (von denen die Figur jedoch nur je zwei darstellt). Der unterste Blattquirl (1), dessen Blätter meist unter einander zu einem kelchförmigen Organe verwachsen sind, bildet den Kelch der Blüthe; der zweite Blattquirl, dessen Blätter häufiger vereinzelt auftreten, bildet die Blumenkrone; dieser folgt ein Blattquirl (3), dessen Blattscheibe in die endständigen, den Blüthenstaub einschließenden Staubbeutel verwandelt sind, während die Blätter des vierten Quirls, größtentheils unter sich verwachsen, ein krugförmiges Organ, den Fruchtknoten bilden, an dessen oberem offenem Rande die Blätter in den Narbenarmen sich trennen. Das letzte innerhalb des Fruchtknotens liegende, d. h. vom vierten Blattquirl überwachsene und eingeschlossene Internodium (4—5) endet mit einem Kranze seitenständiger Knospengebilde (5), z. B. Quercus, Corylus, Euphorbia etc., den später zum Samen erwachsenden Pflanzeneiern.

Nicht bei allen Pflanzen sind alle diese Blüthentheile in einer Blume vereint, wie dieß bei den kronblumigen Holzpflanzen der Fall ist (s. das System). Häufig fehlt der zweite Blattquirl, die Blumenkrone ganz — kelchblumige Holzpflanzen; nicht selten ist auch der erste Blattquirl bis auf eine oder wenige isolirte schuppenartige Organe verkümmert — schuppenblumige Holzpflanzen.[1] Bei den Zapfenbäumen fehlt die krugförmige Verwachsung des vierten Blattquirls, die Eier entspringen der Basis eines offenen Fruchtblattes. Bei vielen Laubhölzern ist das letzte Internodium (4—5) mit der innern Wandungsfläche des Fruchtknotens verwachsen, in Folge dessen die Eier (5) nicht achsenständig, sondern wandständig auftreten. In noch anderen Fällen ist der Frucht-

[1] Das von mir in meiner Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen und auch hier weiterhin übersichtlich aufgestellte System der Holzpflanzen weicht in Einigem von den natürlichen Systemen Jussieu's und Decandolle's ab.

Die schuppenblumigen Holzpflanzen stehen bei Jussieu unter den getrennt geschlechtigen Dicotyledonen mit vielblättriger Blumenkrone; die kelchblumigen Holzpflanzen stehen theils ebenfalls hier (Urticeae), theils unter den kronblattlosen Dicotyledonen (Apetala Juss., Monochlamideae Dec.); die kronblumigen Holzpflanzen mit einblättriger Blumenkrone entsprechen den monopetalen Dicotyledonen Jussieu's (Corolliflorae Dec.); die kronblumigen Holzpflanzen mit mehrblättriger Blumenkrone entsprechen den polypetalen Dicotyledonen Jussieu's, die Decandolle in Thalamiflorae und Calyciflorae trennt, je nachdem alle Blüthetheile dem Achsengebilde entspringen (auf dem Blütheboden sitzen) oder Blumenkrone und Staubgefäße dem Kelchrande inserirt sind.

Die Nadelhölzer, Kätzchenbäume, Urticeen den Pflanzen mit vielblättriger Blumenkrone zuzuzählen, konnte ich mich nicht entschließen, da dieß dem Fortschritt vom Einfacheren zum Zusammengesetzteren im Blüthebaue nicht entspricht.

knoten (4) so tief in das Achsengebilde hinein versenkt, daß seine Basis bis unter die Kelchbasis (1) hinabreicht (unterer Eierstock, z. B. Ribes), in welchem Falle die Insertion der dazwischen liegenden Blattquirle wesentliche Verschiedenheiten zeigt. Man nennt sie eine oberständige (epigyne), wenn der Fruchtknoten ein unterer ist und die Staubgefäße auf dem oberen Theile desselben stehen. Unterständig heißt sie (hypogyn), wenn die Staubgefäße unter einem freien Fruchtknoten entspringen; umständig (perigyn), wenn die Staubgefäße erst über der Basis eines freien Fruchtknotens von der Blumenkrone sich trennen. Manchen Blüthen fehlt der Fruchtknoten (männliche Blüthen), andern fehlen die Staubfäden (weibliche Blüthen). Beide heißen getrennt geschlechtig, im Gegensatz zu den Zwitterblumen, in denen männliche und weibliche Blüthetheile vereint enthalten sind.

Aus dem Pflanzenei erwächst das Samenkorn, aus dem Fruchtknoten erwächst die Frucht, zu deren Bildung häufig auch der Kelch und selbst andere accessorische Blumentheile herangezogen werden. Eichel und Buchecken sind nicht Samenkörner, sondern es sind Früchte.

Blüthetriebknospen sind Langsproßknospen, in denen der Knospenkegel die Endknospe oder mehrere Blattachselknospen zu Blüthen umgebildet enthält. Dahin gehören die Blütheknospen der Kiefern, der Buche, der Eiche, deren Achse sich zu gewöhnlichen Langtrieben normal entwickelt, mit dem Unterschiede, daß ein Theil der Blattachselknospen zu Blüthen umgestaltet ist. Bei den Ahornen, Roßkastanien, Magnolien, bei Ligustrum, Viburnum, Sambucus etc. ist es der obere Theil des Knospenkegels selbst, der sich zur Blüthe ausbildet, in Folge dessen der aus solchen Knospen hervorgehende Trieb mit der Samenreife von oben herab bis zu den unteren Blattachselknospen abstirbt, abgestoßen und ersetzt wird durch eine oder zwei der zunächst stehenden Achselknospen.

Wurzelknospen. Obgleich am aufsteigenden Stocke der meisten Holzpflanzen Wurzeln hervorgerufen werden können, wie wir dieß an Stecklingen und Absenkern sehen, geschieht dieß freiwillig und im normalen Verlauf der Entwicklung doch nur bei sehr wenigen heimischen Holzpflanzen (Hedera, Cuscuta). An älteren Pflanzen von Potentilla fruticosa fand ich Luftwurzeln am oberirdischen Stocke in reichlicher Menge zwischen den Rindeschuppen verästelt bis zu drei Fuß über den Boden hinauf und ohne erkennbare äußere Verletzung. In diesen Fällen, ebenso wie an Absenkern und Stecklingen, entstehen die Wurzeln durch Markstrahlumbildung in der äußersten Holzschicht, stehen daher mit ihrer Achse rechtwinklig zur Achse des Triebes, aus welchem sie hervorgehen, indem sie die Bast- und Rindenlagen durchbrechen und in der Regel eine Lenticelle zum Ausgangspunkte erwählen. Von einer eigentlichen Knospenbildung kann hier nicht die Rede sein, da es die nackte und ungetheilte kuppelförmige Wurzelspitze ist, welche aus dem Lenticellenspalte oder auch aus der geschlossenen Rinde hervortritt. Da anticipirt entwickelte Bildungen an der Wurzelspitze nicht gebildet werden, fehlen diesen auch die zum Schutze derselben allein nöthigen Knospendeckblätter.

B. Der absteigende Stock.

Die Wurzel, vom aufsteigenden Stocke überall durch den Mangel einer Markröhre unterschieden, zeigt zwar ebenfalls eine Verästelung und eine allmählige Stärkeabnahme der Aeste nach unten oder in ihrer seitlichen Verbreitung, allein es fehlt hier nicht allein eine äußere Begrenzung der Jahrestriebe, sondern auch die Gesetzlichkeit und Regelmäßigkeit in der Stellung und Anordnung aller Verzweigungen. Da der Wurzel nun auch die Knospen und die Blätter fehlen, so herrscht hier ein weit größeres Einfach der Bildungen, als am oberirdischen Stocke. Wie wir später sehen werden, geht die Seitenwurzel nicht, wie der Seitenzweig des Stammes, aus einer Ausscheidung von Faserbündeln des Bündelkreises hervor, sondern es entwickelt sich jede Seitenwurzel ursprünglich an der Stelle eines Markstrahles der Hauptwurzel, ganz so, wie dieß auch am oberirdischen Stocke der Fall ist, wenn er durch Stecken oder Absenken zur Wurzelbildung getrieben wird. Daher rührt es denn auch, daß die Basis jeder Seitenwurzel auf der Längenachse ihrer Mutterwurzel ursprünglich senkrecht steht, während alle Zweige des aufsteigenden Stockes von diesem oder von den Mutterzweigen in schräg nach oben gerichtetem Winkel ausgehen.

Abgesehen von der abnehmenden Stärke der Wurzeläste und Wurzelzweige, unterscheiden wir am absteigenden Stocke unserer Holzpflanzen, deren Wurzelbau im Wesentlichen ein sehr übereinstimmender und einfacher ist, nur zwei verschiedene Arten von Wurzeln: Triebwurzel, durch welche die Wurzel alljährlich sich weiter verbreitet, die für die Wurzel dasselbe ist, was die aus Makroblasten sich entwickelnden Langsprossen für den aufsteigenden Stock sind und: Faserwurzeln, die, ohne merkliche Dickezunahme und selbst von starken Wurzeln auslaufend, in höherem Alter noch faserdünn, sich reichlich und in kurzen Abständen verästeln; sehr früh im Jahre, meist schon im Februar, kurze und dicke, hell gefärbte Krautsprossen (Taf. 1. Fig. 12) treiben, deren dickes Rindezellgewebe im Sommer zusammenfällt, vertrocknet und braun wird, wodurch die Krautsprosse zum dünnsten Ende der Faserwurzel wird, bis im kommenden Frühjahre an ihnen neue Krautsprosse hervorwachsen. Diese Krautsprosse sind die Organe, die man früher die Blätter der Wurzel nannte, weil man glaubte, das sie, wie die Blätter alljährlich abgeworfen wurden. Das ist aber nicht der Fall; sie verschwinden nur dadurch im Sommer der Beobachtung, daß das Zusammenschrumpfen ihres dicken Rindezellgewebes die sichtbaren Unterschiede zwischen ihnen und den braunen Wurzelfasern, denen sie aufsitzen, aufhebt.

Knospenartige Hüllen finden sich an der Wurzel nirgends, wohl aber sind die jüngsten Wurzelspitzen einer periodisch sich wiederholenden Häutung, eines Absterbens und Ablösens der äußersten Zellenschichten unterworfen, deren Reste längere oder kürzere Zeit einen mützenartigen Ueberzug der Wurzelspitzen bilden und die Wurzelhaube genannt werden. Es dient dieselbe ohne Zweifel zum Schutz dieser zarten Wurzelspitzen, ist aber auch in sofern beachtenswerth, als ihre endliche Auflösung die Ursache der Annahme von Wurzelausscheidungen gewesen ist. Man fand nämlich dem zuvor reinen Wasser, in welchem einige Zeit hindurch Pflanzen mit unver-

letzten Wurzeln gewachsen hatten, unverkennbar organische Stoffe beigemengt und glaubte, daß diese von den Wurzeln ausgeschieden sein müßten, während sie erweislich aus der Zersetzung abgestoßener Zellen herrühren.

Besonders da, wo die feinsten Trieb- und Faserwurzeln nicht dicht von Erde umgeben sind, wachsen die äußersten Zellenlagen der Wurzel zu Haaren aus (Taf. I. Fig. 13, 14), wie solche auch an den krautigen Theilen des oberirdischen Stockes sich bilden. Sie sind ohne Zweifel zur verstärkten Einsaugung dunstförmiger Flüssigkeit bestimmt, da sie sich, in Berührung der Wurzel mit tropfbar flüssigem Wasser, bei den meisten Pflanzen gar nicht, bei allen aber in um so größerer Menge bilden, je reicher die sie umgebende Luft mit Wasserdunst geschwängert ist.

Wie am aufsteigenden Stock bedingungsweise Wurzeln sich bilden, so können am absteigenden Stocke auch Knospen entstehen, die von den Triebknospen des ersteren nicht verschieden sind. Während aber am aufsteigenden Stocke wohl keine Holzart Absenkerbewurzelung versagt, besitzen nur wenige Holzarten (Akazien, Ulmen, Pflaumen, Weißeller, Pappel und mehrere Strauchhölzer, z. B. Rubus, Spiraea, Myrica, Hippophäe, Elaeagnus, das Vermögen, Triebknospen des aufsteigenden Stockes am absteigenden Stocke zu bilden und zu Wurzelbrut zu entwickeln. Die Triebknospe entsteht dann nicht wie am aufsteigenden Stocke durch ein vom Bündelkreise ausscheidendes Faserbündel, sondern ebenso wie die Seitenwurzel, durch Markstrahlumbildung, mit dem Unterschiede, daß in der Achse des in Fasern umgebildeten Markstrahlgewebes eine Markröhre, die Bedingung oberirdischer Knospenbildung, entsteht. Ich komme hierauf zurück bei der Betrachtung der inneren Organisation des Baumes und verweise einstweilen auf den daselbst gegebenen Holzschnitt Fig. 43.

Trotz der Regellosigkeit in der Anordnung aller Seitenzweige der Baumwurzel, sind dennoch gewisse Unterschiede in der Wurzelbildung verschiedener Gattungen, selbst verschiedener Arten einer Gattung nicht zu verkennen. Es ist aber sehr schwierig, den hier stattfindenden Unterschieden einen wissenschaftlichen Ausdruck zu geben; es ist sehr schwer, selbst nur das Typische der specifischen Wurzelbildung zu erkennen, nicht allein der natürlichen Unregelmäßigkeit in der Anordnung, sondern auch der mannigfaltigen Störungen wegen, denen die normale Entwicklung im festen Erdreiche häufig unterworfen ist. Man sehe nur, wie verschieden die Wurzelbildung derselben Holzart auf flachem, auf tiefgründigem und in steinigem Boden sich gestaltet, und man wird sehr bald die Ueberzeugung gewinnen, daß zur Zeit an eine wissenschaftliche Unterscheidung der Bewurzelung älterer Bäume noch gar nicht gedacht werden kann. Für junge, in gleichem, gelockertem Boden erzogene Holzpflanzen, die dem Forstmann häufiger in ihrer Integrität beim Pflanzgeschäft zur Anschauung kommen, läßt sich schon eher eine bestimmte Ansicht hierüber gewinnen. Was ich darüber weiß, habe ich in der speciellen Beschreibung der forstlichen Culturpflanzen mitgetheilt.

Im inneren Baue unterscheidet sich die Wurzel vom Stamme nur darin, daß die Markröhre durch ein centrales Faserbündel vertreten ist und daß mit der Oberhaut der Wurzel auch die Spaltdrüsen fehlen.

Zweites Kapitel.

Anatomisch-physiologische Betrachtung der Holzpflanze.

A. Die Entstehung und Ausbildung des Pflanzenkeims innerhalb des Samenkorns.

1. Das Pflanzenei und das Keimsäckchen.

Abgesehen von der Vervielfältigung einer Holzpflanze durch Steckreiser oder Absenker, durch Pfropfen oder Oculiren, erwächst jeder neue Baum aus einem Samenkorn; das Samenkorn entsteht aus dem Pflanzenei, einem knospenartigen Gebilde im Innern des Fruchtknotens der Blüthe, (Fig 15 4,5) in Folge der Befruchtung, durch welche der Keim einer neuen Pflanze (Embryo), ursprünglich ein einzelner Zellkern, im Innern einer zum Keimsäckchen erweiterten Zelle, vom Muttergebilde losgerissen und zur selbstständigen Fortbildung als ein der Mutterpflanze gleicher Organismus befähigt wird.

Taf. I. Fig. 18 zeigt den Längendurchschnitt einer weiblichen Blüthe der Eiche in deren früheren Entwicklungszuständen, bestehend aus dem, von dem künftigen Becherchen noch ganz eingeschlossenen Fruchtknoten mit dreitheiliger Narbe, in dessen krugförmiger Höhlung ein, durch Einzeichnung der Zellen kenntlich gemachter Körper später zu einem achsenständigen Sammenträger erwächst, an dessen Spitze sechs knospenartige Gebilde entstehen, von denen jedoch in der Regel nur eines sich zum Eie ausbildet, während die übrigen verkümmern,[1] diejenigen seltenen Fälle ausgenommen, in denen sich in der Eichel zwei, noch seltner drei getrennte Samenkörner vorfinden (in der Mandel als sogenannte „Vielliebchen" bekannt).

Die Fortbildung eines einzelnen dieser sechs knospenartigen Gebilde im Fruchtknoten der Eiche zeigt Taf I. Fig. 19—21.

Ursprünglich sind es einfache, aus kleinen, rundlichen Zellen bestehende, warzenförmige Hervorragungen des Samenträgers. Sie gewinnen aber sehr bald dadurch eine knospenähnliche Form, daß, während sie selbst kegelförmig sich vergrößern, an ihrer Basis ringsherum eine wallförmige Erhöhung aus unter sich verwachsenen Blattwirteln sich bildet (Taf. I. Fig. 19), die am Knospenkegel hinaufwächst, während häufig ein zweiter Blattkranz am Grunde des ersten entsteht (Fig. 20), der ebenfalls den Kegel und die innere Samenhaut überwächst (Fig. 21).

Das Pflanzenei der weiblichen Blüthe besteht hier also aus einem innersten Eikegel und aus einem oder zweien, denselben seitlich umgebenden, am Grunde untereinander und mit dem Kegel verschmolzenen zelligen Hüllen, die über der Spitze des Kegels eine cylindrische Oeffnung lassen, Keimgang, Keimöffnung, Micropyle genannt. Morphologisch ist Letztere für die Kernwarze des Pflanzeneies dasselbe, was der Narbenmund und der Griffelkanal des Fruchtknotens für das Pflanzenei ist. Diese wallförmigen Umhüllungen des Kegels

[1] Von den 2 Eiern des Eschesamens, von den 6 Eiern der Eichel, Buchel, Roßkastanie, von den 14 Eiern der Marone kommt in der Regel nur ein Samenkorn (bei der Roßkastanie oft einige) zur Samenbildung, obgleich bei diesen Pflanzen der Weg des Pollenschlauches zum Eie viel kürzer, freier, die Gleichzeitigkeit der Befruchtung in der Stellung der Eier viel mehr begünstigt ist, als z. B. bei den Leguminosen, deren Eier dennoch in der Regel sämmtlich befruchtet werden. Wie bei der verschiedenen Dauer der Samenruhe verschiedener Sameneier, ist auch hier die Verschiedenheit eine von Zuständen und Einflüssen unabhängige, individuelle.

erwachsen bei anderen Pflanzen, z. B. bei den Nadelhölzern, den Hülsengewächsen, Apfelbäumen rc., zu dem, was man die Samenhaut nennt, während sie bei der Eichel die dünnen, braunen Häutchen bilden, welche, innerhalb der aus dem Fruchtknoten erwachsenden, harten Schale, den Kern der Eichel überziehen.

Alle ferneren wesentlichen Veränderungen im Pflanzeneie gehen von da ab im Kegel desselben vor sich. Sie bestehen darin, daß eine einzelne Zelle desselben, auf Kosten ihrer Nachbarzellen und unter fortschreitender Resorption der letzteren, ungewöhnlich sich vergrößert und zu dem wird, was wir das Fruchtsäckchen nennen (Taf I. Fig. 22 a). Ursprünglich enthält diese Zelle, wie alle übrigen, nur einen Zellkern, der sich aber sehr bald vervielfältigt und zur Entstehung einer großen Zahl körniger und zelliger Gebilde Veranlassung wird, die den Ptychoderaum des Fruchtsäckchens füllen, während der Innenraum desselben mit einer klaren, zuckerhaltigen Flüssigkeit erfüllt ist. (Ich werde weiterhin erklären, was unter Zellkern und Ptychoderaum zu verstehen sei.)

2. Die Befruchtung.

Bis hierher entwickelt sich das Pflanzenei und mit ihm alle äußeren Theile der Frucht, ohne Zuthun männlicher Befruchtungswerkzeuge. Viele getrennt geschlechtige Pflanzen, wie Weiden, Pappeln, Wachholder, von denen in einer Gegend nur weibliche Exemplare vorhanden sind, blühen nicht allein, sondern sie tragen auch Früchte mit äußerlich scheinbar vollkommenem Samen. Aber der Same ist in solchen Fällen taub, d. h. ihm fehlt der wesentlichste Bestandtheil: die junge Pflanze im embryonischen Zustande.[1] Um diese hervorzurufen, erscheint, nach allen sicheren Beobachtungen zu schließen, die Mitwirkung männlicher Befruchtungsorgane und Stoffe nothwendig. Daß im Thierreiche eine jungfräuliche Zeugung (Parthenogenesis) stattfinde, ist außer Zweifel gestellt. Ich selbst habe den Mangel männlicher Thiere aller Arten der engeren Gattung Cynips außer Zweifel gestellt. v. Siebold hat bei einer Schmetterlingsgattung (Psyche) dasselbe nachgewiesen. In beiden Fällen sind männliche Befruchtungsstoffe im Körper der Weibchen noch nicht nachgewiesen. Dieß, wie die neueren Beobachtungen der Bienenbefruchtung sprechen sehr für eine, auf gewisse Arten und Gattungen beschränkte, jungfräuliche Zeugung. Neuere Beobachtungen an einer Euphorbiaceengattung (Coelebogyne) haben die Aufmerksamkeit auf die Resultate früherer Beobachtungen am Hanf, Bingelkraut rc. zurückgeführt und die Bestätigung jungfräulicher Fortpflanzung auch im Pflanzenreiche in Aussicht gestellt, gegen die aber schon jetzt sich Stimmen erhoben haben, mit dem Nachweise eines sehr versteckten Vorkommens männlicher Blüthentheile an weiblichen Pflanzen. Einen Fall dieser Art habe ich selbst nachgewiesen an

[1] Hoffmeister hat neuerdings Beobachtungen bekannt gemacht, denen zu Folge in solchen Fällen auch das Endosperm der Sameneier nicht zur Entwicklung gelangt. Der schöne alte Salisburia-Stamm des Harpe'schen Gartens trägt fast jährlich Samen mit ausgebildetem Endosperm. Schon mehrere Jahre habe ich den stets keimunfähigen Samen untersucht, aber nie auch nur eine Anlage zur Keimbildung aufgefunden. In einer Sendung Cembra-Samen von mehreren Pfunden waren alle Körner reich an Endosperm, keines enthielt einen Keim.

der weiblichen Blume von Castanea (Naturgesch. der forstl. Culturpflanzen Taf. 25, Fig. 55).

Indeß, sollten fortgesetzte Beobachtungen die jungfräuliche Zeugung auch im Pflanzenreiche bestätigen, so wird sich diese, wie im Thierreiche, doch immer nur auf einige Ausnahmefälle beschränken. Sichere Beobachtungen im Großen sprechen hier wie dort für die Nothwendigkeit einer Befruchtung in der großen Mehrzahl der Fälle.

Die Organe der Pflanzenbefruchtung sind bei den Holzpflanzen die Staubfäden, deren zwei Taf. I. Fig. 16 über a abgebildet sind. Auf der Spitze eines mehr oder weniger verlängerten Stieles steht ein meist zweikammeriges, eiförmiges Gehäuse, Staubbeutel genannt, in dessen Innerem eine große Menge mehr oder weniger kuglicher Zellen sich ausbilden, die zur Zeit voller Blüthe aus den sich öffnenden Staubbeuteln ausgestreut werden und Blüthestaub (Pollen) heißen.

Jede einzelne Pollenzelle besteht aus einer mehr oder weniger dicken, oft sehr regelmäßig und zierlich mit Leisten und Spitzen besetzten oft doppelten Hüllhaut, die einen Zellschlauch mit wachs- bis butterweichem Inhalte einschließt, dessen Verflüssigung im Pflanzensafte der Narbe als „männliche Samenflüssigkeit“ (Fovilla) betrachtet wird. In der äußeren Hüllhaut befinden sich mehrere rundliche, mitunter durch eine Klappe verschlossene Löcher, Aequatorialporen genannt, wenn sie in einem mittleren Gürtel der Pollenzelle liegen. Taf. I. Fig. 17 stellt eine solche Pollenzelle von Corylus mit drei Poren dar. Tritt die Pollenzelle mit Wasser in Berührung, so saugt sie dasselbe begierig ein und überfüllt sich damit bis zum Platzen der Häute, worauf der flüssige Inhalt durch den entstandenen Riß mit Gewalt in das umgebende Wasser sich entleert. Die Pollenzelle wird dadurch zur Verrichtung ihrer Funktion ungeschickt, und diesem Umstande ist es zuzuschreiben, daß anhaltender Regen während der Blüthezeit dem Vollzuge des Befruchtungsgeschäfts so nachtheilig ist. Wird hingegen die Pollenzelle im Ausfallen oder durch den Wind oder durch Insekten mit der klebrigen Narbe des Fruchtknotens Taf. I. Fig. 16 c) in Berührung gebracht, dann wächst die innere Haut der Pollenzelle schlauchförmig aus einer der Poren hervor (daselbst Fig. 17), durchbohrt die Oberhaut der Narbe und wächst im Zellgewebe des Griffels, nie im offnen Kanale desselben, bis zur Fruchtknotenhöhle abwärts, durchbohrt dort wiederum die innere Oberhaut der Fruchtknotenwand und findet ihren Weg zur Mikropyle des Pflanzeneies, um in dieser bis in das Zellgewebe des Eikegels vorzudringen,[1]

[1] Daß der Pollenschlauch, dem zwischen Narbe und Eimund häufig die größten Hindernisse auf seiner Wanderung entgegentreten, dennoch den Weg zu letzterem findet, ist eine der wunderbarsten Erscheinungen des Pflanzenlebens, insofern in ihr ein Vermögen sich zu erkennen gibt, das dem thierischen Instinkte nahe steht. Vernünftig ist jedes Thun oder Lassen, das der Folgen seines Handelns sich vorherbewußt ist, entweder aus eigener oder aus angelernter fremder Erfahrung (Wissenschaft). Dem instinktiven Thun oder Lassen fehlt das Bewußtsein der Folgen, es steht unter der Herrschaft eines Naturgesetzes, dem das Thier willenlos folgen muß (Naturtrieb). Der vernünftige Mensch kann seine Wohnung, er kann seine Fangaparate in sehr verschiedener Weise herrichten, das unvernünftige Thier kann das nur in der ihm naturgesetzlich vorgeschriebenen Weise, die Biene,

während andererseits das Keimsäckchen sich der Oberhaut des Kegels genähert hat, so daß das Ende des (bei Tulipa suaveol. mehrzellig gegliederten) Pollenschlauches und die Spitze des Embryosackes sich unmittelbar berühren. Tafel I. Figur 22 zeigt das Pflanzenei in diesem Zustande, a den Pollenschlauch, der bei d in die Mikropyle eingegangen ist und sich dem Keimsäckchen anlegt. Dieß ist zugleich der Augenblick der Befruchtung und man kann annehmen, daß hierbei die Flüssigkeit des Pollenschlauches (fovilla) in den Embryosack übergehe, daß hierdurch einer der Zellkerne desselben individualisirt, d. h. zur selbstständigen Fortbildung als Grundlage einer neuen Pflanze befähigt werde. Einer, dem entgegenstehenden Ansicht, nach welcher der Embryo nicht im Keimsäckchen, sondern in der Spitze des Pollenschlauches entsteht, nachdem dieser selbst in das Keimsäckchen eingedrungen, oder vielmehr dieß kappenförmig vor sich hergetrieben hat, nach der daher die Pollenzelle den Pflanzenkeim bildet, bin ich zuerst in meiner Schrift: „Theorie der Befruchtung. Braunschweig, Vieweg 1845" entgegengetreten. Es hat dieser Ansicht jetzt auch deren Urheber entsagt.

Daß in vielen Fällen der Pollenschlauch bis zum Embryosacke vordringt, ist keinem Zweifel unterworfen, daß dieß aber immer und bei allen Pflanzen nothwendig sei, um eine Befruchtung zu bewirken, habe ich in eben genannter Schrift in Zweifel gestellt, gestützt auf eine Mehrzahl von Beobachtungen, in denen der Pollenschlauch nicht bis zum Eimunde vordringen kann, oder, wo statt seiner ein leitendes Zellgewebe anderen Ursprungs in die Mikropyle eingeht (Campanula, Capsella, Passiflora). Es entwickelte sich daraus die Ansicht: daß eine Mitwirkung der männlichen Samenflüssigkeit beim Befruchtungsprocesse zwar nothwendig sei, daß diese Flüssigkeit dem Keimsäckchen aber auch durch das Zellgewebe der Narbe, des Griffels und des Fruchtknotens zugeführt werden könne.

Ob die männliche Samenflüssigkeit im Keimsäckchen materiell oder nur dynamisch[1] wirksam sei, das ist eine offene Frage, zu deren Beantwortung wir wohl nie, weder hier noch im Thierreiche gelangen werden. Wir kennen nur das Resultat der Befruchtung, die Individualisirung eines Zellkerns und dessen Fortbildung zum Embryo des Samenkorns und zur Pflanze. Es wird durch den Akt der Befruchtung ein kleinster Theil der Mutterpflanze, einer der Zellkerne des Embryosackes, von der Mutterpflanze losgerissen — er hört auf Bestandtheil derselben zu sein, indem er die Fähigkeit erlangt, sich selbst zu einer neuen Pflanze derselben

die Beutelmäuse, der Biber müssen ihre Wohnungen, die Kreuzspinne muß ihr kunstreiches Fangnetz stets in derselben Weise anfertigen, obgleich sie nie Erfahrungen hierzu einsammeln konnten, nie Unterricht in ihrer Kunstfertigkeit erhielten. Einem vom Wirken stofflicher Kräfte unabhängigen Naturtriebe ist auch die Copulation der Spirogyren, das Verhalten der Schwarmsporen und des Pollenschlauchs zuzuschreiben.

[1] Wenn ich auch hier der materialistischen Anschauungsweise mich nicht anzuschließen vermag, so sind meine Gründe dafür folgende: Ueberall, wo im Bereiche der anorganischen Natur zwei Körper zu einem dritten sich vereinen, ist die Natur des letzteren durchaus verschieden von der seiner Constituenten. Das Wasser ist ein von Sauerstoff und Wasserstoff, der Gyps ist ein von Schwefelsäure und Kalkerde ganz verschiedener Körper. Im Befruchtungsakte geht dahingegen aus dem Zusammentreffen männlicher und weiblicher Befruchtungsstoffe ein der Mutter wie dem Vater gleicher Körper hervor. Dieß spricht meines Erachtens entschieden gegen den Chemismus im Befruchtungsakte.

Art fortzubilden, wenn er auch noch eine Zeit lang — bis zur Samenreife — mit der Mutterpflanze in organischem Zusammenhange bleibt und von dieser ernährt wird.

3. Der befruchtete Zellkern und dessen Entwickelung zur Urzelle des pflanzlichen Individuums.

Bis zum Jahre 1842 unterschied man in der Pflanzenzelle nur die starre Zellwandung und deren flüssigen Inhalt, dem letzteren die körnigen und bläschenförmigen Körper beigemengt. Man betrachtete die feste Zellwand als eine homogene, eierschalenförmig geschlossene, durch geschlossene Ablagerungsschichten auf der Innenfläche sich verdickende, aus dem Zellsafte abgeschiedene und erhärtete Substanz gleicher Art. Zuerst in meiner Arbeit „Theorie der Befruchtung“ machte ich auf ein schlauchförmiges, zarthäutiges, der inneren Zellwandung dicht anliegendes Gebilde aufmerksam, das ich zuerst die Innenzelle, bald darauf (Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle) den Ptychodeschlauch nannte. Dieser, in allen jugendlichen Zellen vorhandene, aber nur im Rindezellgewebe und im Siebfasergewebe des Bastes bleibende Ptychodeschlauch, hat in der wissenschaftlichen Botanik unter dem veränderten Namen „Primordialschlauch“ heute allgemeine Anerkennung gefunden, mit der Beschränkung auf das Vorhandensein nur einer Schlauchhaut, während nach meinen Beobachtungen der Ptychodeschlauch aus zweien, ineinandergeschachtelten, blasenförmig geschlossenen Häuten besteht, durch welche zwei wesentlich verschiedene Säfte der Zelle, der Ptychodesaft und der Zellsaft, der Art von einander getrennt sind, daß ersterer im Raume zwischen den beiden Schlauchhäuten enthalten ist (s. den nachfolgenden Holzschnitt Fig. k), dem dann auch der Zellkern und alle körnigen und bläschenförmigen Körper der Zelle beigemengt sind, während der stets wasserklare, oft gefärbte Zellsaft den Raum innerhalb der innersten Schlauchhaut ausfüllt. Auch die Verschiedenheit der Säfte ein und derselben Zelle hat Anerkennung gefunden. Was ich den, stets ungefärbten, getrübten und wie es scheint consistenteren Ptychodesaft nannte, wurde später in der botanischen Literatur Protoplasma oder Plasma genannt. Der Unterschied in der Auffassung beschränkt sich daher auf das Vorhandensein einer zweiten inneren Schlauchhaut, durch welche die beiden Zellsäfte von einander geschieden sind.

Daß der Ptychodesaft oder das Protoplasma in einer strömenden Bewegung sich befinde, erkennt man in vielen Fällen deutlich an der Fortbewegung der, diesem Safte allein beigemengten organisirten, festen Körper.[1] Besonders schön sieht man dieß in den großen Zellen der Armleuchter (Chara, Nitella); der Cucurbitaceen; in den Knollen des Ranunculus Ficaria im Frühjahre zur Blüthezeit; in den Staubfädenhaaren der Tradescantia virginica, in deren Zellen der Zellsaft blau, der Ptychodesaft ungefärbt ist. Wo der Zellkern ein wandständiger ist, wie in Fig. k des nächstfolgenden Holzschnittes, da beschränkt sich die Strömung auf die Seiten-

[1] Anorganische Kristalle hingegen gehören stets dem Innenraum der Zelle an.

wände der Zelle, an denen der Saft im Kreislaufe auf und absteigt; da hingegen wo der Zellkern im Mittelpunkte der Zelle sich befindet, wie in Fig. f, g, h (daselbst), da verlaufen außerdem Saftströme von den Seiten der Zelle auch nach dem Zellkerne hin und zurück, wie dieß die Radien in f, g, h andeuten.

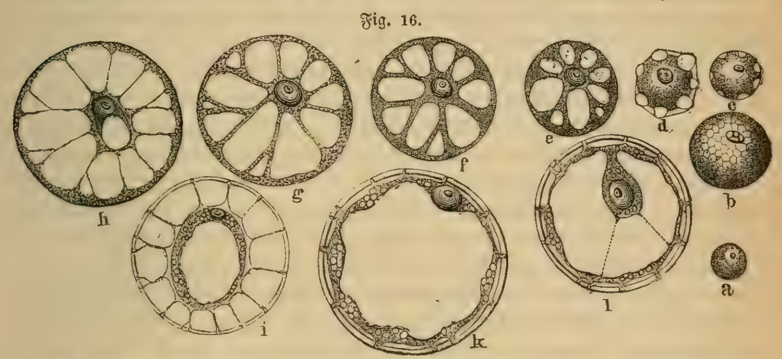
Nun sollte man meinen: dieß alles sei unmöglich ohne ein System von Schlauchhäuten und Kanälen, in welchen der Ptychodesaft vom Zellsafte gesondert sich bewegt. Demungeachtet ist dieß nicht die zur Zeit herrschende Ansicht, es besteht vielmehr hartnäckig die Annahme: Protoplasma und Zellsaft, die, wie ich gezeigt habe, sofort sich miteinander mengen, wenn sie gleichzeitig der durchschnittenen Zelle entströmen, seien ohne sondernde Zwischenwand im Innern des einhäutigen Primordialschlauches durch sich selbst gesondert, etwa wie Oel und Wasser sich in demselben Gefäße gesondert erhalten; die Fortbewegung des Protoplasma sei eine selbstständige, es seien die zartesten, von allen Seiten dem centralen Zellkerne zugewendeten Ströme dieses fließenden Saftes fähig, den verhältnißmäßig großen und schweren Zellkern in der Mitte der Zelle, wie die Spinne im Netze festzuhalten. Dieß alles widerspricht ja aber den einfachsten physikalischen Gesetzen; wie ist es möglich, daß zwei verschiedene, entschieden wässerige Flüssigkeiten in demselben Raume unvermischt sich erhalten können, von denen die eine auf- und abströmend in der anderen sich bewegt; wie wäre es möglich, daß die zartesten, radialen Ströme dieser Flüssigkeit den schweren Zellkern, oft umgeben von einer großen Menge anderer körniger Körper, im Mittelpunkte der Zelle festzuhalten vermögen; wie will man diese Hypothese mit der Annahme vereinen: es beruhe der Säfteaustausch zwischen Nachbarzellen auf endosmotischer Kraft! Folgerichtigkeit ist denn doch das Wenigste, was man in solchen Dingen verlangen darf. Ohne Zweifel gibt es Erscheinungen im Leben der organischen Welt, die sich aus allgemeinen Naturkräften nicht herleiten lassen, aber keine dieser Erscheinungen steht mit allgemeinen Naturgesetzen im Widerspruch. Hypothetische Annahmen können wir in der Physiologie leider nicht entbehren; es ist eine solche Annahme aber nur dann zulässig, wenn sie mit feststehenden Naturgesetzen nicht in Widerspruch steht. Wenn das Wasser unserer Bäche und Flüsse mit deren Rollsteinen heute beliebte einen Spaziergang durch die Luft zu machen, es wäre das nicht mirakulöser als jene Saftströmung in der Pflanzenzelle ohne einschließende Hautflächen.

Schon in Obigem liegt meines Erachtens genügende Rechtfertigung, wenn ich eine Trennung des Ptychodesafts vom Zellsafte durch zarte Häute auch da annehme, wo solche optisch nicht nachweisbar sind. Diese Annahme wird wesentlich dadurch unterstützt, daß in vielen, der Beobachtung günstigen Fällen, die trennende Haut wirklich erkennbar ist.

Erst in neuerer Zeit ist es mir geglückt, durch Einwirkung von Farbstoffen auf den Zellkern, dessen Bau und diejenigen Veränderungen darzulegen, die er bei seiner Ausbildung zum Ptychodeschlauche und zur Zellwandung erleidet. Was ich in meiner Schrift „Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims, Leipzig 1857" hierüber gesagt und durch zahlreiche Abbildungen belegt habe, will ich nachstehend in möglichster Kürze zusammenfassen.

Der Zellkern (nucleus) ist ein solider, mehr oder weniger kugelförmiger, vorherrschend 0,02 Mmtr. im Durchmesser großer, mehr oder weniger fester Körper, bestehend aus einer äußersten Hüllhaut, die dicht erfüllt ist mit einer großen Zahl kleinerer, durch gegenseitigen Druck polyedrischer Körnchen, den Kernstoffkörperchen (granula primitiva), unter denen ein Einzelnes (selten Mehrere) durch bedeutendere Größe und schärfere Umrisse sich auszeichnet. Es wird das Kernkörperchen (nucleolus) genannt.

Fig. 16.



Die vorstehende Fig. 16 zeigt bei a den Zellkern mit seinem Kernkörperchen. Bei b sehen wir ihn in stärkerer Vergrößerung und mit Karminlösung behandelt, wodurch die Zusammensetzung des Inhaltes aus dicht gedrängten Kernstoffkörperchen an größeren Zellkernen deutlich hervortritt.

Da wo aus einem Zellkerne des Embryosackes eine erste Zelle entstehen soll, sieht man einen Theil der, die Hüllhaut begrenzenden Kernstoffkörperchen durch Einsaugung von Flüssigkeit zu kleinen Bläschen sich erweitern, die dadurch deutlich werden, daß sie, aus der sie umgebenden Flüssigkeit, Karminlösung nicht mehr aufnehmen, sondern ungefärbt bleiben, während alle übrigen inneren Theile des Zellkerns roth gefärbt werden. Fig. c und d zeigen diese Bläschen des Zellkerns in zunehmender Größe, eingeschlossen in die erweiterte Hüllhaut des Zellkerns.

Haben die, aus einzelnen Kernstoffkörpern des primären Zellkerns entstandenen Saftbläschen eine gewisse Größe unter zunehmender Vergrößerung des Zellkerns erlangt, dann heben sie die gemeinschaftliche Hüllhaut des Zellkerns von den übrigen Kernstoffkörpern desselben ab (d), es löst sich dadurch der gegenseitige Zusammenhang aller übrigen Kernstoffkörperchen. Nun vermehrt sich die Zahl derselben, durch Theilung, bis zu molekularer Größe, während das Kernkörperchen zu einem neuen Zellkerne heranwächst. Fig. e zeigt die aus dem Zellkerne auf diesem Wege entstandene Ptychodezelle, in welcher der neue, aus dem Kernkörperchen entstandene Zellkern von einer Menge größerer und kleinerer Saftbläschen (Physalide) umstellt ist, die ihrerseits von der ursprünglichen erweiterten Hüllhaut des Zellkerns (a) zusammengehalten werden. Der Inhalt der Saftbläschen ist wasserklar und wird in Karminlösung nicht gefärbt. Der, den secundären Zellkern und die Saftbläschen umgebende Saft hingegen ist getrübt, färbt sich noch durch Karminlösung und enthält große Mengen molekularer Körper,

die Ursache seiner Trübung. Ich habe diesen getrübten Saft Schlauchsaft (Ptychodesaft) genannt, zum Unterschiede vom wasserklaren Inhalte der Saftbläschen, den ich Zellsaft nannte.

Mit zunehmender Größe der, den secundären Zellkern umlagernden Saftbläschen bildet sich um ersteren eine Art intracellularen, zarthäutigen Zellgewebes, wodurch der Ptychodesaft in die intercellularen Räume dieses Zellgewebes, in die Umgebung des secundären Zellkerns und zur inneren Grenze der ursprünglichen Hüllhaut des Zellkerns gedrängt wird. Die Fig. f zeigt diesen Entwickelungszustand.

Weiterhin sehen wir, wie Fig. g und h andeutet, an Stelle des mit Schlauchsaft erfüllten Raumes zwischen den einzelnen Saftbläschen, cylindrische, mit Schlauchsaft erfüllte Kanäle, die vom peripherischen Schlauchsaft zu der, den centralen Zellkern umgebenden Schlauchsaftmenge hinziehen, und man erkennt nun in vielen Fällen deutlich eine Fortbewegung des Schlauchsafts in Strömen, theils an der innern Grenze der Außenhaut (Ptychoide), theils von dieser zum Schlauchsafte der Zellenmitte hingewendet oder, von dort aus, dem Umfange wieder zufließend. Zu dieser Zeit haben nicht selten einzelne Molekule des Schlauchsafts zu Stärkemehl- oder Chlorophyllkörnern von bedeutender Größe sich ausgebildet, und nur die Fortbewegung dieser Körnchen ist es, an der man die Bewegung des Safts erkennen und verfolgen kann, wie denn auch die häutige Begrenzung der Kanäle, in der der Schlauchsaft sich bewegt, nur in einzelnen, der Beobachtung günstigen Fällen direkt nachweisbar ist.[1]

Zur Erklärung dieser Umbildung der Intercellularräume des Physalidegewebes in Kanäle und Schlauchhäute nehme ich nun an: daß, überall wo die Wände der Physalide sich unmittelbar berühren, eine Resorption derselben eintrete, während alle miteinander nicht in Berührung stehenden, durch Ptychodesaft von einander getrennten Hautflächen untereinander verwachsen. Dadurch würden entstehen: 1) ein den Zellkern einschließender zarthäutiger Schlauch, den ich den Zellkernbeutel genannt habe; 2) eine zweite, innere Schlauchhaut (Ptychode), nahe der äußeren, aus der Hüllhaut des primitiven Zellkerns stammenden Schlauchhaut (Ptychoide), durch welche der peripherische Ptychodesaft vom inneren Zellsafte getrennt ist; 3) eine der Zahl und Richtung früherer Intercellularräume des Physalidegewebes entsprechende Anzahl radial verlaufender häutiger Kanäle, die einerseits in den Zellkernbeutel, andererseits in den Ptyechoderaum einmünden, während durch die Resorption der Scheidewände aus allen ursprünglich getrennten Physalideräumen ein einziger großer Zellraum entstanden ist, erfüllt mit dem Safte aller früheren Physalideräume.

[1] In den großen Zellen der Cucurbitaceen macht die radiale Fortbewegung des Schlauchsafts durch die diesem beigemengten großen Körner den Eindruck, als wenn ein Knotenstock innerhalb eines zu engen, aber elastischen darmförmigen Schlauches fortgeschoben wird. So erscheint auch die innere Grenze des Saftstroms der Charen. In den Frühjahrsknollen von Ranunculus Ficaria ist die Fortbewegung der sehr kleinen Körnchen von einer schwankenden Bewegung derselben begleitet. Nicht selten sieht man hier in demselben Kanale die Körnchen in entgegengesetzter Richtung neben einander vorbei sich bewegen. Das vielbesprochene Aussetzen der Saftströme findet nur da statt, wo der Saft sich zwischen den noch geschlossenen Physalidewänden bewegt, da in diesem früheren Zustande einer Veränderung der Strömungsrichtung zwischen den Wänden kein Hinderniß entgegensteht.

Dieser Annahme dient allerdings nicht viel mehr als die Thatsache zur Stütze, daß da, wo in der jugendlichen Zelle ein Physalidegewebe (in der Fig. e und f dargestellten Ansicht) sich zeigt, später unverkennbare Kanäle, die sogenannten Schleimfäden, vom Zellkerne zur Zellwand verlaufen (g h); daß ferner auch bei anderen Resorptionsvorgängen, z. B. bei der Bildung der großen Löcher in den Querwänden der Holzröhren, diese sich auf denjenigen Theil der Wandung beschränkt, der mit der Nachbarwand in unmittelbarer Berührung steht, und daß auch hierbei eine Verwachsung der Resorptionsränder eintritt.

In dem Fig. g dargestellten Zustande hätte nun der wesentlichste, lebensthätige Bestandtheil der Pflanzenzelle seine Vollendung erreicht. Wir haben da einen centralen Zellkern, eingeschlossen in einen zarthäutigen Zellkernbeutel, von dem eine Menge zarthäutiger Kanäle ausgehen, die den Zellraum radial durchsetzen und unfern der äußeren Zellhaut in eine innere Zellhaut einmünden. Zellkernbeutel, Kanäle und der Raum zwischen den beiden äußeren Zellhäuten (Ptychode und Ptychoide) sind mit dem Schlauchsaft erfüllt, einer opaken, körnerhaltigen Flüssigkeit, deren strömende Fortbewegung mit der Fortbewegung des Safts von Zelle zu Zelle und durch die ganze Pflanze, sehr wahrscheinlich in naher Beziehung steht. Der Raum zwischen den Kanälen, dem Zellkernbeutel und der inneren Schlauchhaut hingegen ist mit dem stets wasserklaren, mitunter farbigen Zellsafte erfüllt, in dem eine Bewegung nicht erkennbar ist.

Dieser ganze Apparat bildet den wesentlichsten, lebensthätigen Bestandtheil der Pflanzenzelle, seine zarthäutige Beschaffenheit würde aber nicht geeignet sein zum Aufbau der Pflanze aus Milliarden von Zellen. Zu diesem Zwecke muß die Schlauchzelle sich ein festes Gehäuse, die Zellwandung bilden, zu dem sie sich annähernd verhält, wie die Schnecke zu ihrem Hause, wie der Polyp zur Koralle. Dieß geschieht nun in folgender Weise.

Der secundäre Zellkern, den wir in Fig. g in der Mitte des Zellraums gelagert sehen, entwickelt jetzt aus einem seiner, der Hüllhaut anliegenden Kernstoffkörperchen ein einzelnes Saftbläschen (Monophysalid) in derselben Weise, wie die Entwickelung einer Mehrzahl derselben durch die Figuren c bis g erläutert wurde. Mit dem Saftbläschen vergrößert sich gleichmäßig auch die Hüllhaut des Zellkerns, das Kernkörperchen desselben erwächst zu einem tertiären Zellkerne, und die Kernstoffkörperchen des secundären Zellkerns treten auseinander, entwickeln sich zu Stärkemehl-, Chlorophyll-, Klebermehlkörnchen und vertheilen sich in der Flüssigkeit eines neuen (secundären) Schlauchraumes, dessen äußere Hülle die erweiterte Hüllhaut des secundären Zellkerns, dessen innere Hülle die zarte Haut des Saftbläschens ist. Die Figuren h bis k zeigen die zunehmende Größe dieses zweiten Ptychodeschlauches, der sich vom ersten darin unterscheidet, daß er ursprünglich nur einen vom heranwachsenden Saftbläschen gebildeten Zellsaftraum bildet, daß die ganze Menge des Schlauchsafts (Protoplasma) in einen peripherischen Ptychoderaum gedrängt wird, in dem auch der tertiäre Zellkern gelagert ist, der dadurch nun zu einem wandständigen geworden ist. Die Ursache der verschiedenen Stellung des Zellkerns liegt also darin, daß dort mehrere, hier nur ein Saftbläschen aus den Kernstoffkörpern des Zellkerns unter der Hüllhaut desselben sich bildeten.

Während auf diesem Wege ein neuer Ptychodeschlauch innerhalb des ersten sich bildet, durch dessen Vergrößerung die Ptychodekanäle des ersten Schlauches, sich zusammenziehend, nach dem Umfange des letzteren gedrängt werden, erleidet der Inhalt des ersten Ptychoderaumes darin eine Veränderung, daß seine Körnchen sich sämmtlich zu Cellulosekörpern umbilden, deren Größezunahme und gegenseitige Verwachsung die starren Schichtungen der Zellwand bilden,[1] deren innerer Grenze der secundäre Ptychodeschlauch sich anlegt, gedrängt durch das lebendige Streben der Zelle, die möglich größte Säftemenge aus ihrer Umgebung in sich aufzunehmen (Turgescenz). Diesen Zustand der nun fertigen Wandungszelle stellt Fig. k dar. Wir sehen da, innerhalb einer äußersten Zellwand, den secundären Ptychodeschlauch mit dem, in ihm liegenden, tertiären Zellkern, außerdem im Ptychodesafte eine Menge größerer Körnchen, die sowohl Stärkemehl als Klebermehl, Chlorophyll 2c. sein können, durch deren Vermehrung und Vergrößerung der innere Zellraum und dessen Zellsaft endlich ganz verdrängt wird, wo dann diese, durch Umbildung der Kernstoffkörper des secundären Zellkerns entstandenen Körper die ganze Zelle erfüllen, nachdem die Häute des ihnen angehörenden Ptychodeschlauches durch Resorption verschwunden sind (Holzschnitt Fig. 25).

Besonders die, zu dickwandigen Holz- oder Bastfasern sich ausbildenden Zellen bleiben in der Wandbildung auf der Fig. k dargestellten Entwicklungsstufe nicht stehen, sondern es bildet sich innerhalb der ersten Zellwand aus dem secundären Ptychodeschlauche eine zweite Zellwandung, ganz in derselben Weise, wie aus dem primären Ptychodeschlauche die erste Zellwand sich bildet. Wo dieß der Fall ist, da tritt der wandständige Zellkern durch eine Einstülpung in den inneren Zellraum, wie dieß Fig. 1 darstellt, worauf dann die in den Fig. h—k dargestellten Veränderungen sich wiederholen. Auf diesem Wege können unter vorhergehender Verjüngung des Ptychodeschlauches 4—6 ineinandergeschachtelte Zellwände sich bilden, die Celluloseschichten einer jeden, außen und innen bekleidet von den bleibenden Häuten des Ptychodeschlauchs. (Bot. Ztg. 1855, p. 461, Taf. IV. Fig. IX. 1—6.)

Die erste Zelle einer neuen Pflanze ist hiermit aus dem ersten Ptychodeschlauche, der erste Ptychodeschlauch ist aus dem ersten Zellkerne entstanden und dieser erste Zellkern ist ein Nachkomme des Zellkerns derjenigen Zelle des Eikegels, aus der sich das Embryosäckchen entwickelte.

Diese Urzelle des pflanzlichen Individuums unterscheidet sich in nichts Wesentlichem von jeder anderen Pflanzenzelle, und ebenso ist auch die Art und der Verlauf ihrer Ausbildung von Art und Verlauf anderer Fälle freier Zellenbildung nicht verschieden.[2] Die vollzogene Befruchtung äußert nur darin ihre Wirkung, daß die Urzelle, wenn auch noch bis zur Samenreife ihre Fortbildungsstoffe von der Mutterpflanze beziehend, als ein in allem Uebrigen selbstständiges Gebilde auftritt, das seine eigene Fortbildungsrichtung verfolgt, entsprechend demjenigen Bildungsgange, den die Mutter-

[1] Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeims Taf. II, Fig. 45—46, Fichtenholzfaser.

[2] Freilich läßt sich dieß an der ersten Zelle einer Pflanze nur in sehr seltenen Fällen (Pinus) unmittelbar verfolgen. Es ist aber kein Grund zur Annahme vorliegend, daß die erste Zelle einer Pflanze in anderer Weise sich ausbilde wie alle folgenden, was das Allgemeine des Bildungs- und Mehrungsvorganges betrifft.

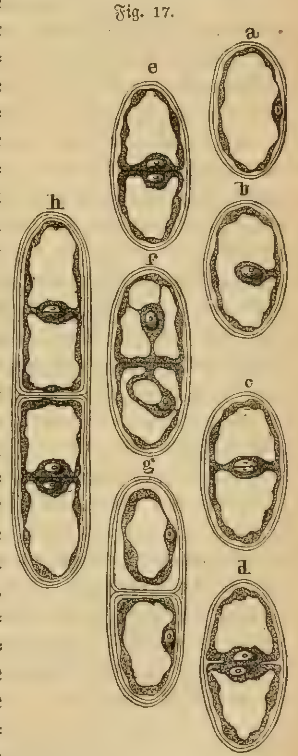
pflanze auf gleicher Entwicklungsstufe in ihrer Jugend durchlaufen hat; bei getrennt-geschlechtigen Pflanzen zum Theil der Vaterpflanze nachahmend.

4. Die Zellenmehrung durch Abschnürung und das darauf beruhende Wachsen des Pflanzenkeims.

Was wir zunächst im Innern der befruchteten Urzelle beobachten, das ist die Bildung neuer Zellen in ihrem Raume durch Abschnürung des Ptychodeschlauches zu Tochterschläuchen, von denen jeder, nachdem er zur Größe der Mutterzelle herangewachsen ist, nachdem er zur Zellwand geworden und einen neuen Ptychodeschlauch im Innern des alten gebildet hat, einer erneuten Theilung unterworfen ist.

Die nebenstehende Fig. 17 a stellt die Urzelle dar, bestehend aus einer äußeren Zellwandung und aus dem Ptychodeschlauche mit wandständigem Zellkerne. Fig. b sehen wir den letzteren unter Erweiterung des Ptychoderaums in den Mittelpunkt der Zelle gerückt, eine Erweiterung, die sich in Fig. c auf die entgegengesetzte Seite fortgesetzt, körperlich betrachtet über die ganze mittlere Querfläche der Zelle sich verbreitet, und dadurch die innere Schlauchhaut zu zwei geschlossenen, einhäutigen Zellräumen abgeschnürt hat. Der in den Mittelpunkt der Querfläche gerückte Zellkern zeigt schon die Linie einer künftigen Zweitheilung. Fig. d ist diese Zweitheilung eingetreten, worauf auch die äußere Schlauchhaut sich in derselben Querfläche ringförmig einfaltet, bis die in Fig. e dargestellte Abschnürung des Mutterschlauches in zwei Tochterschläuche vollendet ist, deren jeder einen halbirten, sich ergänzenden Zellkern im geschlossenen Ptychoderaume enthält. Nachdem jeder dieser Ptychodeschläuche in vorhin geschilderter Weise einen neuen Ptychodeschlauch mit wandständigem Zellkerne in seinem Inneren ausgebildet hat (f), während der erste Ptychodeschlauch zur Zellwandung erstarrt ist (g), tritt in den nun zu Mutterzellen ausgebildeten Tochterzellen eine erneute Zweitheilung zu Enkelzellen in gleicher Weise ein, wie die ursprüngliche Mutterzelle zu Tochterzellen sich abschnürte und entwickelte (h). Die zweite Abschnürung erzeugt dann vier, die dritte acht, die vierte sechzehn Zellen u. s. f. Nehmen wir nun an, daß die auf Abschnürung beruhende Mehrungsfähigkeit der Zellen nur bis zu einem gewissen Alter derselben fortdauert, daß sie in den jugendlichsten Zellen am raschesten vor sich gehe, so muß endlich der Längenzuwachs in jeder Zellenreihe sich auf deren Endzellen beschränken, es muß zwischen diesen eine, mit fortschreitender Mehrung der

Fig. 17.



Endzellen wachsende Zahl nicht mehr mehrungsfähiger Zellen entstehen, deren nun eintretende Wandverdickung für die jüngeren Endzellen einen festen Zwischenstamm bildet, den Träger des auf- und absteigenden Längenzuwachses der Pflanze.

Neben dieser, den Längenzuwachs des Pflanzenkörpers vermittelnden Abschnürung rechtwinklig zur Längenachse der Zellen, tritt nun aber noch eine Abschnürung parallel der Längenachse ein, durch welche die Zahl der Zellenreihen sich vergrößert. Diese Vermehrung der Zellenreihen vermittelt den Dickezuwachs des Pflanzenkörpers (so weit dieses auf Zellenmehrung in Mark und Rinde beruht. Ich werde später zeigen, daß der Dickezuwachs durch Fasermehrung anderen Gesetzen unterworfen ist).

Denken wir uns nun die Abschnürung rechtwinklig zur Längenachse der Zellen im Uebergewicht über die der Längenachse parallele Abschnürung, so muß dadurch der Pflanzenkörper die Form eines in dem Grade langstreckigeren Ellipsoids annehmen, als die horizontale Abschnürung überwiegt. Wir erhalten einen langstreckigen, ellipsoidischen Körper, dessen beschränkter Dickezuwachs, nach denselben Gesetzen, auf die peripherischen jüngeren Zellenschichten sich beschränkt, wie der Längenzuwachs auf die jüngeren Endzellen der Längenachse im auf- und absteigenden Knospenwärzchen.

Außer diesen beiden, den Länge- und Dickezuwachs des Stämmchens vermittelnden Abschnürungsrichtungen des Zellgewebes, tritt nun aber noch in der Nähe des auf- und des absteigenden Knospenwärzchens, eine örtlich beschränkte Steigerung der Zellenmehrung ein, durch welche die zellige Grundlage künftiger Blätter und Blattachselknospen hügelförmig[1] über die Oberfläche des Ellipsoids hinaustritt. Bei den monocotylen Pflanzen ist es nur ein Wärzchen, bei den Laubhölzern sind es zwei gegenüberstehende, bei den meisten Nadelhölzern sind es viele solcher Blatthügel, welche sich gleichzeitig im Kreise um das Knospenwärzchen bilden. Aus dem Umstande, daß im Embryo und in der Samenknospe die warzige Grundlage des Blattes schon entsteht, ehe noch eine Spur von Faserbündeln nachweisbar ist, aus dem Umstande, daß viele Zellenpflanzen, z. B. die Moose und die Fucoideen sehr entwickelte Blattformen ausbilden, ohne das Vorhandensein von Faserbündeln, müssen wir schließen: daß die seitliche Ausscheidung von Blatt- und Knospenwärzchen eine dem parenchymatischen Zellgewebe zuständige Function sei, daß hier die Faserbildung der Zellenbildung eben so folge, wie ich dieß weiterhin für das Fasergewebe des embryonischen Stämmchens nachweisen werde. Es läßt sich daher das Heranwachsen des Embryo aus der Urzelle, einschließlich der an ihm sich bildenden Blätter (und Blattachselknospenanlage), sehr wohl auf rein parenchymatische Functionen zurückführen.

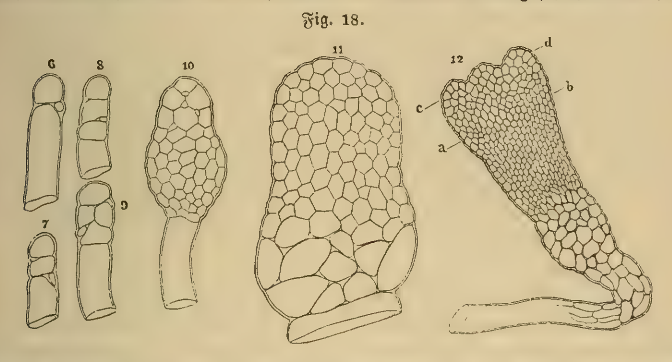
[1] Nicht überall wächst die Grundlage des Blattes über die Oberfläche des Axengebildes hügelförmig hinaus. Bei vielen Holzpflanzen erkennt man schon vor dem Ausscheiden im Zellgewebe der Triebspitze eine einschneidende Spaltbildung durch Entstehung einer Doppelschicht von flächenförmig geordneten Zellen, die später zur Epidermis einerseits der Blattscheibe, andererseits des Triebes werden, nachdem die beiden Zellenschichten sich getrennt haben, das Blatt hierdurch vom Ellipsoid gewissermaßen abgespalten ist. Ausgezeichnet tritt diese Abspaltung besonders bei Magnolia und Liriodendron auf, woselbst ihr das Blatt entspringt und eine kappenförmige Ausspaltung folgt, durch welche alternirend die Knospenhüllen gebildet werden.

Wir werden später sehen, daß in Bezug auf den Längenzuwachs die Zellenbildung der Faserbildung stets vorangehe, daß nur der Dickezuwachs ein anderer wird, durch unmittelbare Fasermehrung auf der Grenze zwischen Holz und Bast.

Die Urzelle der neuen Pflanze entwickelt sich in der Regel nicht unmittelbar zu bleibenden Theilen des Embryo. In der Regel bildet sie zunächst einen, aus einer oder mehreren Zellenreihen bestehenden, fadenförmigen Träger, aus dessen Endzelle der Embryo erwächst.

Die untenstehende Fig. 18 (6—12) zeigt die Entwicklungsfolge des Embryo der Kiefer, wie ich diese Tafel 25 meiner Naturgeschichte der forst-

Fig. 18.



lichen Culturpflanzen weiter ausgeführt habe. In der Spitze des hier allerdings secundären Trägers sehen wir in 6 eine erste Zelle abgeschnürt, die in 7 und 8 sich zu zwei und drei Zellen vermehrt hat. In 9 beginnt die Abschnürung parallel der Längenachse, 10 und 11 zeigen die auf diesem Wege fortschreitende Zellenmehrung auf der Spitze des Trägers. Bis zu dem Fig. 12 in kleinerem Maßstabe dargestellten Entwicklungszustande besteht der Embryo nur aus parenchymatischem Zellgewebe, obgleich die künftigen ersten Nadeln als kleine Zellenhügel (c, d) im Umkreise des centralen Knospenwärzchens schon deutlich erkennbar sind.

Der Embryo besteht also anfänglich aus gleichgebildeten oder doch gleichwerthigen Zellen; aus einer Mehrzahl der Längenachse parallel liegender Reihen solcher Zellen, die im Querschnitte concentrische Schichten bilden und zwar so, daß die Zellen jeder Schicht mit den Zellen der Nachbarschichten im Verbande liegen (s. die Querschnittfläche Fig. 1 und Taf. I. Fig. 2 i—k). Da die Zellen jeder Reihe auch im Längenschnitte mit den Zellen der Nachbarreihen im Verbande liegen (s. die Längenschnitte durch Mark und Rinde in Fig. 1, S. 131), so ist jede Zelle jeder Reihe von vierzehn Nachbarzellen begrenzt, von denen zwei derselben Zellenreihe, zwölf den angrenzenden sechs Nachbarreihen angehören. Zellgewebe dieser Art heißt Zellgewebe im engeren Sinne (Parenchym). Seiner meist dünnwandigen, weichen und saftigen Beschaffenheit wegen wird es auch wohl Pflanzenfleisch genannt, im Gegensatze zu dem, aus derbhäutigeren Faserzellen erwachsenden Holz und zum Theil Bastkörper der Bäume.

Die schon am Embryo vor der Samenreife auftretenden Blattaus-

scheidungen erlangen bei verschiedenen Pflanzenarten sehr verschiedene Grade und Formen der Ausbildung. Mindestens sind es zwei (Laubhölzer) oder mehrere Blattausscheidungen (Nadelhölzer), die gegenüberstehend im Umkreise des Knospenwärzchens entstehen. Bei den Nadelhölzern kommen nur diese ersten Blattausscheidungen im Samenkorne zur Ausbildung und liefern den ersten Blattquirl (Taf. I. Fig. 27), während das Knospenwärzchen als ein kleiner, zelliger Hügel zwischen demselben zurückbleibt. Dasselbe ist der Fall bei der Rothbuche, Esche, Rüster ꝛc., woselbst die einzigen beiden Blattausscheidungen zu Samenlappen sich verdicken. Bei der Eiche hingegen, wie bei den meisten Leguminosen entwickelt das centrale Knospenwärzchen schon vor der Samenreife noch eine zweite, dritte, oft sogar vierte Blattausscheidung, wie dieß die Entwicklungsfolge des Embryo der Eiche Taf. I. Fig. 23—26 erläutert. Fig. 24, 25 b, Fig. 26 a sind die zu Samenlappen sich verdickenden, ersten Blattausscheidungen; Fig. 25 a ist das aus dem Knospenwärzchen herangebildete Fiederchen (plumula). Die Achse des Embryo, so weit wie die Markmasse abwärts reicht, heißt das Stengelchen (cauliculus), sie heißt das Würzelchen (radicula) von dem Punkte abwärts, an dem die Faserbündel des Stengels zu einem centralen Faserbündel sich vereinen.

Wenden wir den Blick noch einmal auf die Fig. 17 a bis h zurück, so sehen wir, daß jeder abgeschnürte Tochterschlauch sich zur Zellwandung ausbildet, während ein nach dem Innenraum der Zelle abgezweigter, den Zellkern einschließender Theil desselben zu einem neuen Ptychodeschlauche sich abschnürt (Fig. f, g). Diese Zellwände, so weit sie zwischen neugebildeten Zellwänden liegen, werden später resorbirt. Im fertigen Zellgewebe ist eine, mehrere Zellen einschließende Zellwandung nicht mehr aufzufinden, wie dieß der Fall sein müßte, wenn eine Resorption nicht stattfände. Dagegen erhält sich die erste Zellwandung der ersten Mutterzelle, durch die anliegenden Zellen ernährt und in sich selbst fortwachsend, als gemeinschaftlicher, dünnhäutiger Ueberzug, als Oberhäutchen (cuticula), bei unseren Holzpflanzen meist bis zum zweiten Jahre des Pflanzentheils, worauf sie zerreißt und mit der äußersten Zellenlage als dünnes, durchsichtiges Häutchen abgeworfen wird. Zweijährige Triebe von Prunus oder Populus zeigen dieß am besten. Die Cuticula ist also die im Umfange der Pflanze bis zu einem gewissen Alter fortwachsende Wandung der Urzelle des Individuums.

Nach der herrschenden Ansicht sind die Oberhautzellen, d. h. die äußerste Zellenlage des Pflanzenkörpers, ursprünglich nackt; eine gemeinschaftliche Oberhaut bildet sich über ihnen erst später durch Sekretionen. Ich vermag nicht, dieser Ansicht mich anzuschließen.

Das Wachsen der Holzpflanzen überhaupt beruht auf einer Vermehrung der sie aufbauenden Zellen. Es beruht die Zellenmehrung, so weit meine Beobachtungen reichen, allein auf einer Theilung vorgebildeter Zellen. Jede Zelle, selbst der ältesten Pflanze, ist daher ein durch Theilung entstandener Nachkomme jener ursprünglichen, durch den Befruchtungsakt individualisirten Urzelle, bleibend und unabänderlich begabt mit deren specifischen und individuellen Eigenschaften. Keine der künstlichen Vermehrungsarten einer Mutterpflanze ändert irgend etwas an

den individuellen Eigenschaften derselben; die kleinste, durch Aeugeln abgezweigte Knospe, das Pfropfreis, das Steckreis, der Absenker, die Wurzelbrut liefern Pflanzen desselben Geschlechts, derselben individuellen Eigenthümlichkeiten, durch welche die Mutterpflanze sich auszeichnete. Eine Knospe der Blutbuche, der Hängesche, der Pyramideneiche liefert unfehlbar Blätter, Triebe, Aeste, Stämme derselben Bildung, auch wenn sie auf Wildlingstämme ganz anderer Beschaffenheit, unter Umständen selbst anderer Art und Gattung versetzt wurden: Glyptostrobus auf Taxodium, Pyrus auf Crataegus, Amygdalus auf Prunus), ohne daß dadurch die Natur des Wildlings verändert wird.[1] Tausende von Steckreisern der männlichen Weide oder Pappel liefern stets wieder männliche Individuen. Ganz anders verhält sich dieß bei der Vermehrung durch Samen, die schon darin eine größere Freiheit bekundet, daß sie verschiedene Geschlechter bildet, deren Art sicher schon durch den Befruchtungsakt bestimmt wird, ebenso wie die Aehnlichkeit der Bastarde mit der Vaterpflanze nur dem Befruchtungsakte zugeschrieben werden kann. Die Aussaat des durch den eigenen Blüthestaub befruchteten Samens der Blutbuchen, Pyramideneichen &c. ergibt meist nur wenige Pflanzen, in denen sich die individuelle Abnormität der vereinten Mutterpflanze fortgepflanzt hat.[2]

5. Die Faserbildung und Fasermehrung.

Wir haben gesehen, daß der Pflanzenkeim ursprünglich und bis über den Beginn der Blattausscheidungen hinaus nur aus parenchymatischem Zellgewebe bestehe. Früher oder später, jedoch stets lange vor eintretender Samenreife, wenn z. B. das Kiefernpflänzchen bis zu dem Seite 171, Fig. 18 (12) dargestellten Zustande sich entwickelt hat, beginnt, in einer meist gleich weit vom Mittelpunkte wie vom Umfange des Querschnitts entfernten Ringfläche des Stengels, eine Umbildung des parenchymatischen Zellgewebes, deren Endresultat die Pflanzenfaser ist, von der Pflanzenzelle im Allgemeinen durch größere Streckung in der Richtung der Längenachse und durch die Gruppirung zu Bündeln unterschieden, in denen sie, radial geordnet, horizontale Schichten bilden, die unter sich durch das Ineinandergreifen der schräg zugespitzten Enden jeder Faser verbunden sind (Taf. I. Fig. 5 e e).

Der erste Schritt zu dieser Umbildung geschieht dadurch, daß die bisher parenchymatische, durch Längen- und Quertheilung sich mehrende Zelle, nunmehr eine Theilung in diagonaler Richtung erleidet, wie

[1] Nichts beweist schlagender die Herrschaft der Urzelle über alle ihre Nachkommen, selbst im höchsten Alter der Pflanze, als der Umstand, daß der Wildlingstamm stets Wildling bleibt, obgleich die Bildungssäfte, durch welche er alljährlich neue Holzlagen bildet, von der aus dem Edelreise erwachsenen Belaubung bereitet werden; daß das Edelreis stets die Eigenschaften seines Mutterstammes bewahrt, trotz dem, daß es den secundären Bildungssaft größtentheils aus dem Wildlingstamme bezieht.

[2] Daß durch vieljährige Cultur habituelle Verschiedenheiten der Individuen (Spielarten) hervorgerufen werden können, die sich durch jedes Samenkorn fortpflanzen, bestätigen einige Arten der Gattungen Brassica, Raphanus, Beta, Viola. Welches die physiologische Ursache der Fixirung dieser individuellen Abweichungen vom Ursprünglichen im Befruchtungsakte sei, ist uns unbekannt.

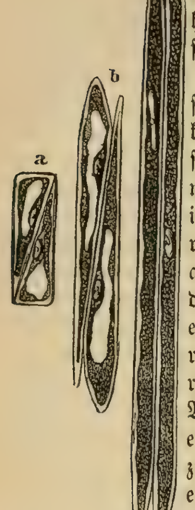


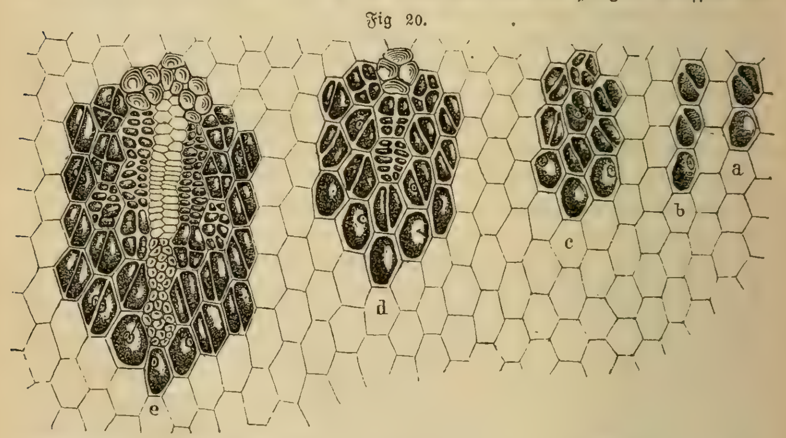
Fig. 19.

dieß die nebenstehende Fig. 19 a erläutert. Durch Längenwachsthum dieser beiden Tochterzellen in der Richtung der diagonalen Abschnürungsfläche geht daraus die Faserform hervor, wie dieß die folgenden Entwicklungsstufen b c darstellen.

Denkt man sich, vom Mittelpunkte einer, den Querschnitt des Stengels repräsentirenden Kreisfläche aus, einen kleineren Kreis vom halben Durchmesser des größeren beschrieben, so beginnt die Faserbildung in einzelnen, annähernd gleich weit von einander entfernten Punkten dieser inneren Kreislinie und schreitet von diesen Punkten aus in radialer Richtung nach außen vor. Gleichzeitig mehrt sich aber auch von jedem Punkte aus die Zahl der Faserradien dadurch, daß an jeder Seite des vorgebildeten Faserradius ein neuer Zellenradius in die Spaltung zu zweien Faserradien eingeht. Durch den seitlichen Zuwachs an Faserradien verengt sich der Raum zwischen je zwei der auf diesem Wege sich bildenden Faserbündel, bis endlich nur ein oder einige Zellenradien zwischen ihnen übrig bleiben, die nicht zu Fasern, sondern zu Markstrahlzellen sich umbilden, ein Zellgewebe, dessen Anordnung von der Ordnung des ursprünglichen Zellgewebes durchaus verschieden ist, das daher ebenfalls nicht als ein Rückstand des letzteren betrachtet werden darf.

In der nachfolgenden Figur gebe ich die Entwicklungsfolge eines einzelnen Faserbündels, wie sie sich in Querschnitten aus jungen Knospen der

Fig 20.



Schwarzkiefer zu erkennen gibt, wenn man von den obersten, jüngsten zu den tieferen, älteren Bildungen hinabsteigt. Im cambialen Zellgewebe a bis e [1] sehen wir über a, als erste Umbildungsstufe, den Beginn der

[1] Wie dieß, durch seine radiale Ordnung vom parenchymatischen Zellgewebe unterschiedene, cambiale Zellgewebe entstehe, ist mir zur Zeit noch unbekannt. Es enthält in

diagonalen Theilung des Ptychodeschlauchs in einer, bei b in zwei, bei c in drei Zellen desselben Radius u. s. f. Von b ab vergrößert sich auch die Breite des Faserbündels dadurch, daß, an jeder Seite des vorhergehend zu Fasern umgebildeten Zellenradius, ein neuer Zellenradius in die diagonale Theilung eingeht, wodurch die anfänglich breiten Räume zwischen den Faserbündeln schmaler werden. Der durch die Diagonaltheilung erkennbare Uebergang der Cambialzellen in Faserzellen und die darauf beruhende Vergrößerung der jungen Faserbündel ist, wie die Figuren zeigen, eine seitliche und zugleich eine nach der Rinde hin fortschreitende. Nach der Achse des Triebes hin findet ein Fortschritt in der Umbildung nicht statt, die zuerst gebildeten Faserzellen bleiben bei den meisten Holzpflanzen für immer die innersten des Bündels, und verwandeln sich sehr früh, nach fortgesetzter Theilung, in ächte Spiralfaserzellen, wie dieß in den Fig. d und e durch eingezeichnete Bogenstriche angedeutet ist.

Es entstehen also aus jedem Zellenradius der radial geordneten Zellschicht zwei Faserradien. Die innersten, ältesten dieser letzteren sind dann einer fortgesetzten Längentheilung unterworfen, wie dieß der mittlere Radius des Bündels d andeutet.

Diese Fasern zweiter Theilung sind es, die sich radial ordnen, deren innere sich zu den bleibenden Holzfasern, deren äußere sich zu den dickwandigen Bastfasern ausbilden, wie dieß im mittleren Radius des Bündels e angedeutet ist, woselbst von e aus in der zweiten und dritten Zelle, die Dickwandigkeit der Fasern durch die das Lumen der Faser andeutende, innere Bogenlinie bezeichnet ist.

Haben die Faserbündel sich bis zu dem Grade in vorbezeichneter Weise erweitert, daß zwischen ihnen nur noch ein oder wenige Cambialradien liegen, dann verwandeln sich die Zellen letzterer in Markstrahlzellen. Wie es zugehe, daß die Anordnung letzterer im primitiven Markstrahle eine ganz andere ist, als die ihrer Cambial-Mutterzellen, habe ich ebenfalls noch nicht ergründen können, so leicht die Bildung der secundären Markstrahlen aus vorgebildeten Fasern der direkten Beobachtung zugänglich ist.

Auf dieser Entwicklungsstufe angelangt, tritt nun eine sehr merkwürdige Veränderung in den Zuwachserscheinungen des Faserbündels ein. Wie durch die Entstehung des Faserbündels selbst ein Gegensatz zwischen Parenchym und Prosenchym, so tritt jetzt ein weiterer Gegensatz im Faserbündel selbst, in dessen Holz- und Bastkörper, oder vielmehr in deren entgegengesetzter Entwicklungsrichtung hervor, der eine verschiedenartige Fortbildung der Fasern, einerseits zu den Organen des Holzkörpers, andererseits zu den Organen des Bastkörpers zur Seite steht. Noch ehe die Faserbündel, durch Umbildung der Zellen in Fasern, zum geschlossenen Bündelkreise herangewachsen sind, unter noch fortdauerndem Umfangszuwachse in der Richtung zur Rinde hin, während die ältesten, innersten Mutterfasern, nach ebenfalls

jeder Zelle einen ungetheilten Ptychodeschlauch, wie er zunächst über a b c d e gezeichnet ist. Um die Entwickelungsfolge deutlicher zu machen und die einzelnen Entwickelungsstufen der Faserbündel schärfer von einander zu trennen, habe ich ihn jedoch nur da in das, die Zellengröße und Zellenordnung andeutende sechsseitige Netzwerk eingetragen, wo er dem Faserbündel angehörend betrachtet werden kann.

eingetretener mehrfacher Theilung zu ächten Spiralgefäßen unmittelbar sich entwickeln, tritt, beiderseits einer inneren Mantelfläche des Ellipsoids, innerhalb einer concentrischen Kreislinie des Querschnittes, die ungefähr die Mitte der Faserbündel schneidet, eine Differenzirung des Zuwachses dadurch ein, daß nur die, dieser ideellen Mantelfläche beiderseits anliegenden Fasern eines jeden Faserradius ihre Theilungsfähigkeit als Mutterzellen für jeden Faserradius behalten, während in allen hinter und vor ihnen belegenen Fasern dieselbe für immer erlischt. Abgesehen von einem noch kurze Zeit fortdauernden Umfangszuwachse, vergrößert sich das Faserbündel von da ab für immer nur von dieser inneren Fläche aus und zwar der Art, daß die, dieser Grenzlinie oder Grenzfläche [1] nach dem Marke hin zunächst liegenden Mutterfasern fortdauernd in jeder Zuwachsperiode, bis zum Tode der Pflanze, sterile Tochterfasern nach dem Marke hin durch Selbsttheilung abschnüren, den Dickezuwachs des Holzkörpers vermittelnd, während die derselben Grenzfläche nach außen zunächst liegenden Mutterfasern ebenso sterile Tochterzellen für den Bastkörper abschnüren, beide in jeder Zuwachsperiode durch Längstheilung in tangentaler Richtung so oft sich verdoppelnd, als die in jeder Zuwachsperiode (in jedem Jahre) sich bildenden Faserradien der Holz- und Bastschichten Faserzellen enthalten.

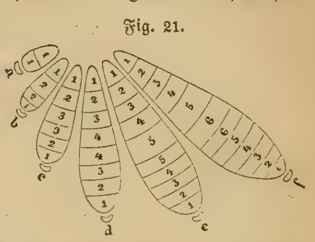
Man kann sich diesen, auf der Grenzlinie zwischen Holz und Bast fortdauernden Dickezuwachs der Faserbündel folgendermaßen versinnlichen.

Zwei Glasröhren, ungefähr von 1 Mmtr. Raum, werden, wie die Rohre einer Doppelflinte, mit einander verbunden und mit einem ihrer offenen Doppelenden rechtwinklig der Mitte einer zwei Fuß langen, beiderseits offnen Glasröhre eingeschmolzen. Taucht man diese letztere wagerecht in einen Trog mit Seifenwasser, hat sich dieselbe mit Seifenwasser gefüllt, bläst man dann stoßweise Luft in die senkrechte Doppelröhre, so gehen von der Einmündung derselben in die einfache Röhre zwei Reihen von Luftblasen in entgegengesetzter Richtung in die Flüssigkeit der Röhre. In den beiden Ausmündungen der Doppelröhre denke man sich die beiden permanenten Mutterfasern eines Faserradius, in den beiden Luftblasenreihen denke man sich die von ihnen in entgegengesetzter Richtung ausgehenden, sterilen Tochterzellen desselben Radius, die nach der einen Seite hin ausgeschiedenen zu Holzfasern, die in entgegengesetzter Richtung fortgestoßenen zu Bastfasern sich entwickelnd. Denkt man sich ferner eine große Menge solcher Apparate kreisförmig so zusammengestellt, daß sämmtliche einfachen Röhren Radien einer und derselben Kreisfläche bilden, so würde das gleichzeitige Eintreten von Luftblasenreihen in sämmtliche Apparate, nach dem Mittelpunkte hin die Faserradien des Holzkörpers, nach dem Umfange hin die Faserradien des Bastkörpers constituiren. Läßt man zu verschiedenen Malen Luftblasenreihen in die Glasröhre eintreten, so repräsentiren diese den Zuwachs an Holz und an Bast aufeinanderfolgender Jahre und es wird einleuchten,

[1] Die Lage derselben ist Seite 131, Fig. 1 auf der Querschnittfläche der einzelnen Faserbündel durch eine innere Theilungslinie angedeutet. Der zwischen ihr und der Rinde liegende Theil jedes Faserbündels ist Bast, der zwischen ihr und dem Marke liegende Theil ist Holzkörper.

daß dieser nicht stattfinden könne, ohne eine, während desselben fortdauernde Ortsveränderung des permanenten Mutterfaserpaares von Innen nach Außen.

Fig. 21.



Die nebenstehende Fig. 21, in welcher a das in Holz- und Bastkörper getrennte Faserbündel des ersten Jahres, b dasselbe Bündel im zweiten Jahre, c dasselbe im dritten Jahre u. s. f. darstellt, gewährt eine Uebersicht der in jedem Jahre durch Zwischenbildung neuer Holz- und Bastlagen hinzutretenden Theile. In jedem Bündel sind die Theile gleichzeitiger Entstehung mit gleichen Ziffern bezeichnet, deren niedrigste den ältesten, deren höhere den jüngeren Theilen angehören. Um die Ziffern eintragen zu können, sind die Bastlagen verhältnißmäßig zu den Holzlagen breiter dargestellt, als sie in der Wirklichkeit sind.

Fig. 22 zeigt einen Querschnitt aus Holz und Bast eines älteren

Fig. 22.

Fig. 23.

Fig. 24.

Eichentriebes; p den aus dem älteren, fertigen Holzkörper c—f, in den Bastkörper $\frac{h}{b}$ — g übergehenden Markstrahl, $\frac{h}{b}$ die Grenze zwischen Holz- und Bastkörper, von der aus eine neue, noch unausgebildete Holzschicht $\frac{h}{b}$ — f und eine eben solche neue Bastschicht $\frac{h}{b}$ — m gebildet sind.[1] Fig. 23 zeigt die in $\frac{h}{b}$ liegenden beiden Mutterfasern m m und deren Theilung durch tangentale Abschnürung ihres Ptychodeschlauches, für die Fig. 24 eine Längenansicht gibt, wenn auch nur andeutend. Die mit zunehmender Dicke des Holz- und Bastkörpers sich steigernde Zahl der Faserradien beruht auf einer von Zeit zu Zeit nach Bedarf eintretenden Längentheilung der Mutterfasern in radialer Richtung.[2]

Das beiderseits von den beiden Mutterzellen $\frac{h}{b}$ aus sich entwickelnde, jugendliche, noch zartwandige Fasergewebe der jungen Holz- und Bastlagen ist es, das man Cambium genannt hat, ursprünglich von der Ansicht ausgehend, daß dasselbe eine flüssige, formlose, zwischen dem im Frühjahre sich trennenden Holz- und Bastkörper ausgeschiedene Masse sei, aus der die jungen Fasern wie Krystalle in der Mutterlauge sich frei entwickelten. Eine genauere Untersuchung und bessere Instrumente zeigten dann, daß jene Flüssigkeit nichts anderes sei, als der Inhalt bereits vorhandener, aber so zarthäutiger Fasern, daß deren Wände bei Ablösung des Bastes leicht zerreißen und ihren flüssigen Inhalt, gemengt mit den zerrissenen Zellhäuten, als eine formlose Masse erscheinen lassen. Aus dem Umstande jedoch, daß die auf der Bastseite gebildeten Fasern im Verfolg nur theilweise sich verdicken, daß der größere Theil derselben für immer dünnwandig bleibt und im cambialen Zustande verharrt, daher auch im Winter und überhaupt zur Zeit ruhender Zuwachserscheinungen als eine aus unfertigem Fasergewebe bestehende, cambiale Schicht erschien, erhielt sich die Ansicht, daß ein Theil des jugendlichen Fasergewebes (auf welches der Name „Cambium" übertragen wurde) im unfertigen Zustande überwintere und im kommenden Frühjahre zur neuen Holzfaserschicht ausgebildet werde. Bereits im Jahre 1837 bewies ich das Irrige dieser Ansicht, indem ich darauf aufmerksam machte, daß dieß nur scheinbar jugendliche Fasergewebe des Bastkörpers größtentheils für immer dünnwandig bleibe und vom jugendlichen Fasergewebe des Holzkörpers sich sehr bestimmt durch eine ganz abweichende, siebförmige Tipfelung für immer unterscheide (s. m. Jahresberichte Taf. I. Fig. 40—43). Erst in neuester Zeit hat diese Beobachtung auch in der physiologischen Botanik Aufnahme und Anerkennung gefunden, jedoch ohne daß bis jetzt diejenigen nothwendigen Consequenzen weiter besprochen wurden, die ich im Vorhergehenden dargelegt habe, betreffend die Entwicklung des Jahresringes aus permanenten Mutterzellen des Holzes und des Bastes, wie solche einseitig auch für das ebenfalls radial geordnete Zellgewebe des Korks besteht.

Jedes einzelne Faserbündel durchläuft daher drei Perioden eines ver-

[1] Vergl. Taf. I, Fig. 2 c f o.

[2] Die Bildung steriler Tochterzellen, von einer permanenten Mutterzelle aus, wiederholt sich im Korkgewebe und ist dort der direkten Beobachtung weit leichter zugänglich. (S. den Abschnitt „Korkgewebe" und die Holzschnitte Fig. 38—40.)

schiedenartigen Dickezuwachses. Im parenchymatischen Zellgewebe des Embryo entstanden, ist dessen Dickezuwachs ursprünglich ein ausschließlich peripherischer. In einer zweiten, rasch vorübergehenden Periode vereint sich der allseitig peripherische Zuwachs mit dem, zwischen Bast und Holz auftretenden intermediären Zuwachse. In einer dritten Periode erlischt der peripherische Zuwachs in allen außer den Endpunkten der Längenachse des Ellipsoid und dessen Verästelungen für immer und nur der intermediäre Zuwachs ist es, der fortan die zunehmende Verdickung des Stammes vermittelt.

Man versinnlicht sich dieses am leichtesten, wenn man die aufgerichteten Fingerspitzen einer Hand kreisförmig zusammenstellt, die Finger als Faserbündel betrachtet, den Raum zwischen ihnen als Markgewebe, eine sie äußerlich umschließende Zellschicht als Rindegewebe sich denkt, Mark- und Rindegewebe verbunden durch ein zwischen den Fingern liegendes Markstrahlgewebe. Ueber den aufgerichteten Fingerspitzen confluiren Markstrahl- und Rindegewebe; sie erheben sich hier zu einem kleinen, zelligen Hügel, dessen parenchymatische Zellen stets sehr klein bleiben, da deren rasch sich wiederholende, eine energische Zellenmehrung vermittelnde Theilung der Herausbildung voller Zellengröße entgegensteht. Dieses, die Faserbündel oder Fingerspitzen krönende Zellgewebe ist das Knospenwärzchen (gemmula). Sein rasches, von Blatt- und Knospenausscheidung begleitetes Emporwachsen vermittelt den Längenzuwachs des Triebes, so weit dieser nicht auf Vergrößerung der ursprünglich sehr kleinen Zellen beruht. Die Spitzen der Faserbündel (oder der Finger) hingegen verlängern sich nicht selbstständig, sondern dadurch, daß die ihnen zunächst liegenden, also ältesten Zellen des Knospenwärzchens zu Faserzellen sich umbilden. Denkt man sich nun ferner vom obersten Gliede der Finger abwärts diese oder die Faserbündel in tangentaler Richtung gespalten, so vergrößert sich, von da abwärts, jedes Faserbündel durch eine auf Fasertheilung beruhende Fasermehrung innerhalb jenes Spaltraumes und zwar von einer Doppelschicht permanenter Mutterzellen aus, deren innere den Faserzuwachs des Holzkörpers, deren äußere den Faserzuwachs des Bastkörpers vermittelt. Vom obersten Fingergliede bis zur Fingerspitze aufwärts ist hingegen der Faserzuwachs ein peripherischer und beruht, wie über der Bündelspitze, auf einer Umbildung von Zellen in Fasern.

So weit meine Erfahrung reicht, beschränkt sich die Entstehung neuer, unabhängiger Faserbündel im aufsteigenden Stocke auf jenen frühen Entwicklungszustand des Embryo. Im Gefolge eingetretener Verletzungen können neue Faserbündel auch in älteren Pflanzen entstehen, wie ich dieß in der Reproduktionslehre näher nachweisen werde; im normalen Verlauf der Entwicklung geschieht dieß, so viel ich weiß, nicht; alles Holz und aller Bast, selbst des ältesten Baumes, gehören entweder der Vergrößerung jener, im Embryo entstandener Faserbündel an, oder sie ist, in Blattstiel und Blatt, in Knospe, Blüthe und Frucht, Produkt einer Abzweigung jener ursprünglichen Faserbündel. Die Verästelung des absteigenden Stockes hingegen beruht allerdings auf Neubildung von Faserbündeln aus dem Zellgewebe der Markstrahlen, daher dann auch an alten Wurzeltheilen, ohne vorhergegangene Verletzungen überall neue Wurzeln entstehen können, wäh-

rend neue Triebe des aufsteigenden Stockes an diesem nur im frühesten Entwicklungszustande des einjährigen Triebes, nur im wachsenden Knospenwärzchen entstehn.

B. Das Reifen des Samenkorns und die Bildung der Reservestoffe desselben.

Der Embryo empfängt bis zur Samenreife seine Bildungsstoffe im flüssigen Zustande fortdauernd von der Mutterpflanze. Bei den meisten Holzpflanzen verwendet er sie nicht allein auf Zellenbildung für eigenes Wachsthum, sondern er eignet sich einen bedeutenden Ueberschuß von Bildungssäften an, den er, zu Stärkemehl, Klebermehl und Oel umgebildet, innerhalb des Zellgewebes der ersten Blattausscheidungen aufspeichert, die dadurch oft unförmlich verdickt werden (Eiche, Kastanie, Mandel ꝛc.), wie dieß der in kleinerem Maßstabe als die vorhergehenden Figuren gezeichnete Längendurchschnitt einer Eichel (Taf. I. Fig. 26) zeigt, in der a a die zu Samenlappen verdickten ersten Blattausscheidungen sind. Dieß ist jedoch keineswegs der allgemeine Vorgang. Bei allen Nadelhölzern, bei der Linde, Esche, dem Weinstock, da sind es die im Ptychoderaume des Keimsäckchens gelagerten Zellkerne, die hier zur Erzeugung eines Zellgewebes Veranlassung werden, in dem sich die für den Keimungsakt nöthigen Reservestoffe ablagern, die dann in einer schlauchförmigen Schicht den Embryo umgeben. Taf. I. Fig. 27 zeigt den Längendurchschnitt des Samenkorns der Kiefer, dessen im Innern liegender Embryo vom Samenweiß oder Endosperm a a eingeschlossen ist, das er, umgeben von den Samenhäuten, beim Keimen mit über die Erde emporhebt, und dann erst durch die anliegenden Blätter aussaugt. Die ersten Blattausscheidungen der Nadelhölzer, der Linde, der Esche, sind daher von den später sich entwickelnden Blättern bei weitem nicht so verschieden, wie die Samenlappen der Eiche, Buche, Bohne ꝛc. In noch anderen Fällen — ich vermag keine Holzpflanze dieser Art, sondern, unter den bekannteren Gewächsen, nur die Wasserlilien (Nymphaea, Nuphar) zu citiren — speichern sich die Reservestoffe im Zellgewebe des Eikegels um den Embryosack herum auf, das Perisperm bildend.

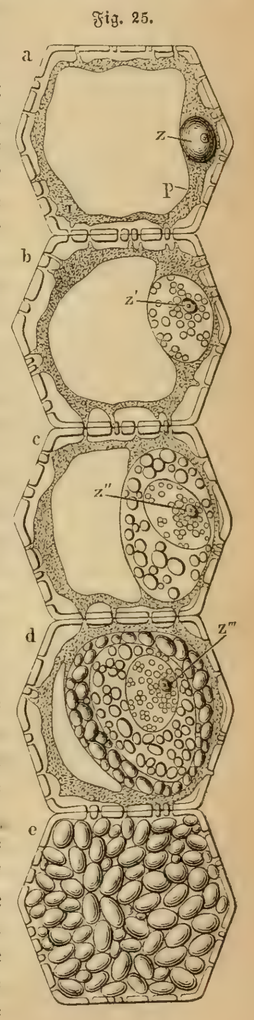
Sei es nun in den Samenlappen des Embryo selbst oder im Endosperm oder im Perisperm, in allen Fällen sammelt sich in oder um den Embryo gegen das Ende seiner Ausbildung oder mit herannahender Samenreife eine verhältnißmäßig große Menge von Bildungsstoffen in der Form von Stärkmehl, Klebermehl, Grünmehl oder Gerbmehl, begleitet von Oel und anderen, der Menge nach untergeordneten Stoffen, deren Bildung und Umbildung meine neueste Schrift „Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeims, Leipzig 1858“ ausführlich darstellt und mit Abbildungen belegt. Der Vorgang ist im Wesentlichen und in der Kürze folgender:

Bereits Seite 165, Fig. 16 habe ich gezeigt, daß, wenn aus dem Zellkerne ein Ptychodeschlauch sich bildet, das Kernkörperchen desselben zu einem neuen Zellkerne heranwächst, während die Kernstoffkörperchen (Granula) im Ptychoderaume sich vertheilen und sich dort durch Selbsttheilung vermehren. Die Kernstoffkörperchen jedes ersten Ptychodeschlauches werden auf die Zellwandbildung verwendet, indem sie zwischen den Schlauchhäuten zu

den Celluloseschichten verwachsen. Dieß ist mitunter auch noch der Fall mit einem zweiten oder dritten Ptychodeschlauche, der sich im Innern der zu Wandungsschichten ausgebildeten regenerirt (Entwicklungsgesch. p. 148). Hier im Embryo oder in der Umgebung desselben ist es aber in der Regel schon der zweite Ptychodeschlauch, dessen Kernstoffkörperchen, an sich organisirte, mit einer Hüllhaut umgebene Gebilde, eine Reihenfolge stofflicher Veränderungen erleiden, die bei verschiedenen Pflanzen verschieden sind.

In der nebenstehenden Abbildung gebe ich die Entwicklungsfolge der körnigen Reservestoffe in den Samenlappen der Leguminosen, im Samenweiß der Esche, der Nadelhölzer &c., so weit als es nöthig ist, um eine allgemeine Ansicht zu belegen. Die specielleren Nachweisungen mannigfaltiger Abweichungen enthält meine Schrift „Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeims." Der Zellendurchschnitt a beistehender Fig. 25 zeigt innerhalb der von Tipfelkanälen durchsetzten, äußeren Zellwandung den Ptychodeschlauch p, etwas contrahirt und von der inneren Wandungsfläche, der er im natürlichen Zustande dicht anliegt, bis auf einzelne Stellen abgelöst, an denen die äußere Haut mit der Schließhaut der Tipfelkanäle noch in Verbindung steht (die mitunter langen Schlaucharme, durch die der sich zusammenziehende Ptychodeschlauch mit der Schließhaut der Tipfelkanäle in Verbindung bleibt, deuten auf eine Verwachsung oder Verkittung beider Häute). In der durch Körnchen geringster Größe milchig gefärbten Flüssigkeit des Ptychodeschlauchs sieht man bei z den Zellkern.

Fig. 25.



b zeigt nur insofern eine Veränderung, als durch Aufsaugung von Flüssigkeit die Hüllhaut des Zellkerns sich bedeutend erweitert hat. In Folge dessen sind die Granula des Zellkerns auseinander getreten und liegen hier in der Zellkernflüssigkeit. Das Kernkörperchen des Zellkerns z hat sich zu einem neuen, noch sehr kleinen Zellkerne z' ausgebildet.

Zwischen b und c liegt ein Entwicklungsstadium, in welchem z' zur normalen Größe des relativ primitiven Zellkerns (z in a) herangewachsen ist. Der Zellkern z', nachdem er ausgewachsen, erleidet dann dieselben Veränderungen zu z'' wie z zu z', d. h. der aus dem Kernkörperchen des primären Zellkerns z entstandene secundäre Zellkern z' hat sein Kernkörperchen zu einem tertiären Zellkerne z'' entwickelt, seine Granula haben sich, wie oben, in aufgesogenem Ptychodesafte isolirt, während die Granula des primitiven Zellkerns, unter fortdauernder Erweiterung der Hüllhaut desselben, durch fort-

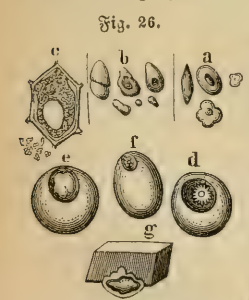
dauernde Aufnahme von Bildungsstoffen nicht allein größer werden, sondern auch durch Selbsttheilung sich vermehren.

Nachdem das Kernkörperchen des secundären Zellkerns z′ zur normalen Größe eines tertiären Zellkerns z″ herangewachsen ist, wiederholt sich in diesem derselbe Vorgang: die Bildung eines vierten Zellkerns z‴ Fig. d; die Isolirung einer neuen Generation von Körnern; Wachsthum und Mehrung der vorgebildeten Generationen bis zu gänzlicher Verdrängung des inneren Zellraumes, wie dieses die Fig. a bis d aufeinanderfolgend darstellen, bis endlich, unter Resorption der vorgebildeten Häute, die ganze Zelle mit körnigen Körpern erfüllt ist (Fig. e), um die sich im parenchymatischen Zellgewebe nur die äußere Schlauchhaut erhält.

Diese, dem Zellkerne entspringenden Körner erleiden nun im Verlauf ihrer Ausbildung bis zu vollendeter Größe mannigfaltige, bei verschiedenen Pflanzen und in verschiedenen Pflanzentheilen derselben Pflanze verschiedene Veränderungen, nicht allein in Bezug auf Form, Bildung und Zusammensetzung, sondern selbst in Bezug auf elementare Bestandtheile.

In den Samenlappen des Embryo der jungen Eichel, Kastanie, Roßkastanie verwandeln sich die Granula unmittelbar in Stärkemehl (Amylon), einen rundlichen oder eiförmigen, mitunter durch gegenseitigen Druck polyedrischer Körper, dessen Wandung, im Wesentlichen mit der einer sehr dickwandigen Zelle übereinstimmend, aus $43^1/_2$ Kohlenstoff, $49^1/_2$ Sauerstoff und 7 Wasserstoff besteht. Unauflöslich in kaltem Wasser bilden die Körnchen in kochendem Wasser durch Aufquellung den bekannten Kleister. Sie färben sich durch Jodlösung indigoblau, speichern keine Farbstoffe, geben durch gelindes Rösten einen gummiähnlichen Körper, durch Behandlung mit Schwefelsäure und im Keimungsprocesse bilden sie Zucker. Die vorstehende Fig. 25 zeigt in e die Formen des Stärkemehls der Eichel; zur Unterscheidung habe ich in der nachstehenden Fig. 26 bei b die unregelmäßigeren Formen der Stärke des Holzes dargestellt.

Fig. 26.



In dem Samenweiß der meisten Nadelhölzer, in dem von Fraxinus, Tilia, Vitis verwandeln sich die Granula unmittelbar in K l e b e r m e h l k ö r n c h e n (Aleuron), dem Stärkemehl in Form und Größe ähnliche, ebenfalls hüllhäutige Körper, in denen zu den Bestandtheilen des Stärkemehls noch 9 bis 10 Proc. Stickstoff, etwas Schwefel (und Phosphor?) treten. Mandeln, Nüsse, Eckern, überhaupt alle ölreichen Sämereien enthalten nur Klebermehl, das im Wasser sich leicht auflöst, in kochendem Wasser keinen Kleister bildet, durch salpetersaures Quecksilber roth, durch Jodlösung braungelb sich färbt und Farben speichert. Eigenthümliche, krystallinische Formen einzelner Arten und verschiedenartige, in Form und Bestand verschiedene Einschlüsse (Weißkerne, Kranzkörper, Krystalloide) kennzeichnen das Klebermehl, den organisirten Träger der stickstoffhaltigen Bestandtheile des Pflanzenreichs.

Die vorstehende Abbildung, Fig. 26, zeigt bei d ein Kleberkorn des Rosinenkerns mit krystalloidischem Einschluß; bei e ein solches mit Weiß-

kern; bei f ein Kleberkorn der Buchecker mit Kranzkörper; bei g ein krystallinisch geformtes Kleberkorn der Paranuß mit Weißkern im randständigen, nur durch die beutelförmige Hüllhaut abgeschlossenen Innenraume.

In sehr vielen Sämereien ist der Embryo in seiner frühesten Jugend grün gefärbt, z. B. bei allen schmetterlingsblumigen Pflanzen. Die Granula verwandeln sich hier zunächst in Chlorophyllkörner (Grünmehl). Es sind dieß ebenfalls rundliche oder ovale feste Körner, die, ursprünglich ungefärbt und farbenspeichernd, später eine grüne Farbe erhalten durch Ausbildung eines, an einem wachsähnlichen Stoffe haftenden, grünen Pigments, von dem das feste Korn durchdrungen ist. Alle grüngefärbten Pflanzentheile verdanken ihre Färbung diesem Grünmehl, dessen feste, gegen chemische Reagentien höchst indifferente Grundlage in ihrer elementaren Zusammensetzung noch unbekannt ist. Die vorstehende Figur zeigt bei a mehrere verschiedene Formen dieser Körner. Das mittlere dieser Körner zeigt einen durch Jod dunkelgefärbten Kern von Stärkemehl.

Nur bei wenigen Pflanzen verharrt ein Theil der Chlorophyllkörner des Embryo bis zur Samenreife in diesem Zustande (Tropaeolum, Acer), bei den meisten verwandelt sich das Chlorophyllkorn, entweder von einem oder von mehreren Punkten aus, in Stärkemehl. In den grünen Erbsen z. B., die mit der Reife ihre grüne Farbe verlieren, sind es dieselben organisirten Körper, die anfänglich als Chlorophyllkörper, später als Stärkemehlkörner auftreten; ich habe sogar nachgewiesen, daß diese Stoffwandlung in vielen Fällen noch weiter geht, daß, z. B. in den Samenlappen von Lupinus, Tropaeolum, das aus dem Chlorophyllkorne entstandene Stärkemehlkorn endlich in ein Kleberkorn sich umbildet (s. meine Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeims).

Einzelne Zellen in den Samenlappen der Eichel enthalten auch Gerbmehl (44,8 Sauerstoff, 51,7 Kohlenstoff, 3,5 Wasserstoff) als Reservestoff. Während des Winters enthält auch der Bast der Eiche den Gerbstoff in fester Form, häufig deutlich gekörnelt. Er lagert hier in den Siebfasern und in den Markstrahlzellen des Bastes und wird durch Eisenchlorid wie durch schwefelsaures Eisenoxydul lederbraun gefärbt. Erst durch Zusatz von Wasser verändert sich diese Färbung in das Blauschwarz der Dinte. Im Frühjahre wird der Gerbestoff wie alle übrigen Reservestoffe im Zellsafte aufgelöst und auf Neubildungen verwendet. Wie alle übrigen Reservestoffe, sammelt er sich im Sommer und Herbste für das nächste Jahr wieder an. Der vorstehende Holzschnitt zeigt bei c den Querschnitt einer Siebfaserzelle mit eingelagertem, gekörneltem Gerbstoffe, von dem einzelne Körnchen aus den Gerbzellen des Rosenmarkes nebenbei gezeichnet sind.

Während des Keimens der Eichel löst sich der Gerbstoff ebenfalls und durchdringt die Stärkmehlkörner, die dann von Eisenchlorid schwarzblau gefärbt werden.

Zu den Reservestoffen des Samenkorns gehört ferner auch der Zellstoff (Cellulose) der Zellwandung selbst (45 Kohlenstoff, 42 Sauerstoff, 6 Wasserstoff). Die mitunter sehr dicken Zellwände, z. B. der Samenlappen von Tropaeolum oder des Samenweiß von Vitis, des Palmensamens, verschwinden im Keimungsprocesse entweder bis auf den häutigen Bestand

(Vitis) oder bis auf die Cambialwandung (Tropaeolum) (s. Entwicklungsgeschichte des Pflanzenkeimes Taf. IV. Fig. 6). Ich vermuthe, daß das Mindergewicht des Sommerholzes unserer Waldbäume, so weit es sich nicht aus dem Verbrauch der in ihm abgelagerten körnigen Reservestoffe erklären läßt, auf der Lösung und Verwendung eines Theils der Cellulose auch hier beruhe.

Zucker (48,8 Sauerstoff, 6,4 Wasserstoff, 44,8 Kohlenstoff) ist in Sämereien zwar noch nicht nachgewiesen, der süße Geschmack mehrerer derselben deutet aber auf das Vorhandensein desselben hin. Um so häufiger findet sich der Zucker als gelöster Reservestoff in den Wintersäften des Holzes sowohl, als des Bastes. Beide sind eine Fundgrube verschiedener noch nicht näher untersuchter Zuckerarten.

Erst bei der mit herannahender Samenreife eintretenden Umbildung des Stärkmehls in Klebermehl, scheiden sich fette Oele aus, die im Samenkorne der Buche, der Hasel- und Wallnüsse, der Pflaumen-, Aepfel-, Birnbäume, der meisten Nadelhölzer in reichlicher Menge vorhanden sind. Sie bestehen aus 80 Kohlenstoff, 8,4 Sauerstoff, 11,3 Wasserstoff, 0,3 Stickstoff und sind stete Begleiter des Klebermehls, die sofort wieder verschwinden, wenn letzteres im Keimungsprocesse aufgelöst, oder rückschreitend in Stärkmehl und Chlorophyll umgewandelt wird, wie wir dieß an den im Samenkorne ungefärbter Samenlappen der Buche, des Pflaumenbaumes, der Akazie sehen, die nach der Keimung im Lichte wieder grün werden.

Die Stufe der Ausbildung, zu welcher die junge Pflanze im Samenkorne bis zu dessen Reife vorschreitet, ist eine bei verschiedenen Pflanzengeschlechtern sehr verschiedene. In der Entwicklung der Plumula am weitesten vorgeschritten zeigen sich die Leguminosen, die Eiche und die Roßkastanie, die ersten Blattausscheidungen sind am weitesten entwickelt bei der Linde, Esche, den Nadelhölzern. Immer aber ist bei unseren Holzpflanzen der Embryo mit Eintritt der Samenreife in seiner Entwicklung so weit gediehen, daß er alle wesentlichen Elemente der älteren Pflanze: Stamm, Blatt, Wurzel und Endknospe, Mark, Rinde und Faserbündelkreis in sich vereint, wenn auch alle diese Theile noch nicht so ausgebildet sind, daß durch sie eine vollkommene Selbstständigkeit der Fortbildung eingetreten ist, die erst dann erreicht wird, wenn im Keimungsprocesse die von der Mutterpflanze dem Keimling mitgegebenen Reservestoffe auf dessen weitere Ausbildung verwendet sind.

C. Die Samenruhe.

Meist im Herbste, oft schon im Sommer oder Vorsommer des Blüthejahres (Ulme, Pappel, Weide), selten erst im Herbste des zweiten Jahres nach der Blüthe (Kiefer, Wachholder, Zerreiche und viele nordamerikanische Eichen) erlangt der Same seine Reife, die sich darin äußert, daß eine weitere Zufuhr von Bildungssäften der Mutterpflanze nicht mehr stattfindet und daß der Same, theils mit theils ohne die Frucht abgeworfen wird. Die Eichel, die Buchecker, die Haselnuß, das was wir Same nennen: der Birke und Erle, der Ulme, des Ahorn, der Esche sind Früchte, die mit dem eingeschlossenen Samenkorn bis zur Keimung in Verbindung bleiben,

während der Same der Nadelhölzer, der Weiden und Pappeln, der Akazie und überhaupt aller hülsenfrüchtigen Pflanzen, der Aepfel- und Pflaumensame, aus dem Pflanzeneie und dessen Umhüllungen allein gebildet, Same im wissenschaftlichen Sinne des Wortes sind.

Wenn der Same seine Reife erlangt hat, tritt ein Zustand der Ruhe aller vitalen Funktionen ein, der bei verschiedenen Pflanzen verschieden lange Zeit dauert. Am kürzesten ist diese Samenruhe, wenn man hier überhaupt von einer solchen sprechen kann, bei Pappeln und Weiden. Frisch dem Baume entnommenen Pappelsamen habe ich schon nach 24 Stunden zum Keimen gebracht, leider vergehen die meisten, oft alle Keimlinge eben so rasch wie sie gekommen sind und ist es mir noch nicht geglückt die Ursache dieser Sonderheit zu ergründen. Die Gräser keimen meist nach 3—4 Tagen, die hülsenfrüchtigen Sämereien nach 6—8 Tagen, die meisten Nadelhölzer und Laubholzsämereien 3—4 Wochen nach der Aussaat im Frühjahre. Es gibt aber unter den Laubhölzern sowohl wie unter den Nadelhölzern Arten, deren Same bis zum Frühjahre des zweiten Jahres nach der Reife im Boden liegt, die Hainbuche, Esche, Linde, Weißdorn, Zirbelkiefer, Eibe, ferner viele Strauchhölzer wie Cornus, Vibrunum, Evonymus, Ligustrum, Hippophäe, Daphne, Solanum, Ilex, Ledum gehören dahin. Es ist dieß eine wunderbare Erscheinung, die weder aus der Beschaffenheit der Samenhüllen, noch im Baue oder Bestande der inneren Samentheile eine Erklärung findet. Der Same unserer heimischen Esche liegt mit seltenen Ausnahmen ein Jahr über, der äußerlich wie innerlich nicht unterschiedene Same Fraxinus pubescens, gleichzeitig mit dem Samen unserer Esche vom Baume genommen und gleichzeitig eben so wie dieser auf demselben Saatbeete ausgesäet, also genau denselben Keimungseinflüssen ausgesetzt, keimt schon im Frühjahre nach der Herbstsaat. Der dickschaligste Nadelholzsame von Pinus Pinea keimt unter allen Nadelholzsamen am frühesten, meist schon nach acht Tagen, der ihm sehr ähnliche aber *weniger* dickschalige Same Pinus Cembra liegt ein Jahr über. Es sind dieß Beweise, daß die verschiedene Dauer der Samenruhe, unabhängig von materiellen Verschiedenheiten wie von verschiedenen äußern Einflüssen, denjenigen Erscheinungen angehört, die wir nur aus einer im Organismus *individualisirten* Sonderkraft herleiten können, die wir als *Lebenskraft* darin von den allgemeinen Naturkräften verschieden erkennen, daß sie unter gleichen Umständen Verschiedenes schafft, während die allgemeinen Naturkräfte unter gleichen Umständen ihrer Wirksamkeit stets gleiche Wirkung äußern. [1]

Die Existenz der Samenruhe erkennen wir in der *verschiedenen* Dauer derselben bei verschiedenen Samenarten. Selbst die der Keimung günstigsten Verhältnisse kürzen diesen Zeitraum nicht. Ist derselbe aber vorübergegangen, dann erwacht die Lebensthätigkeit des Keims von Neuem, jedoch nur unter Bedingungen, die ihrer Erweckung günstig ist: unter Einwirkung eines gewissen Wärmegrades, genügender Feuchtigkeit und des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft. Der Zutritt von Sauerstoff scheint

[1] In die Reihe dieser, die Existenz einer leitenden Sonderkraft beweisenden Lebenserscheinungen gehört unter Anderem auch die Knospenruhe und die Winterruhe.

auch während der Samenruhe nothwendig zu sein. Nur so erklärt sich die Thatsache, daß Sämereien in fließendes Wasser versenkt den Winter über sich sehr gut erhalten, während sie in stehendem Wasser unfehlbar absterben und verfaulen.

Durch Entziehung einer der Keimungsbedingungen läßt sich die Samenruhe willkürlich verlängern. Die niedere Temperatur und die Trockenheit der Luft in den Katakomben Aegyptens hat den Mumienweizen Jahrtausende hindurch in der Samenruhe erhalten. Die Angaben, daß der Same seine Keimfähigkeit nicht eingebüßt habe, gewinnen immer mehr an Glaubwürdigkeit. Mein Vater hat aus mindestens 30jährigem Samen von Sarothamnus Pflanzen erzogen; Freisaaten mit 11jährigen Fichtensamen haben noch eine große Menge Pflanzen geliefert; andere Samen, Eicheln, Kastanien, Bucheckern, Haselnüsse erhalten ihre Keimfähigkeit nur bis zum Frühjahre nach der Reife, der Same der Rothbuche, bis zum Frühjahr trocken aufbewahrt, liegt mitunter bis zum zweiten Frühjahre im Boden ehe er keimt. Frischer, sofort nach der Reife gesäeter Same läuft in der Regel gleichzeitig, älterer Same, besonders wenn er trocken aufbewahrt wurde, keimt oft sehr ungleich. Aus Taxus- und Zirbelkiefersaaten erhielt ich noch nach vier Jahren junge Pflanzen; aus einer vorjährigen Aussaat auf dem Bretterboden eines Speichers aufbewahrter Eicheln keimten ungefähr der dritte Theil im Mai und Juni, die übrigen erst in den folgenden Monaten bis zum November; ungefähr 2 Procent des ausgesäeten Samens überwinterte im Boden und lieferte erst im zweiten Frühjahr gesunde, kräftige Pflanzen. Eine vorjährige Frühjahrssaat von Acer campestre lieferte sämmtliche Pflanzen erst in diesem Frühjahre. Das häufige Nachkommen älteren Lärchensamens ist eine einem jeden Holzzüchter bekannte Sache.

Die Erfahrung hat aber gelehrt, daß, je älter der ausgesäete Same ist, um so schwächlicher die aus ihm hervorgehenden Pflänzchen sind. Sie können unter begünstigenden Einflüssen zu gesunden Pflanzen heranwachsen, erliegen aber weit leichter jeder ungünstigen Einwirkung der Witterung und des Bodens; daher es dann als Regel gilt, den Samen so bald wie möglich nach erfolgter Reife zu säen, wo dem nicht größere Gefahren entgegenstehen, die aus Verlusten durch Wild, Vögel und Mäuse, durch vorzeitiges Keimen bei milder Winterwitterung erwachsen können, wenn der Same längere Zeit als nöthig im Boden liegen muß.

D. Die Keimung.

Nach Ablauf der gesetzlichen Samenruhe ist eine Wärme von 10 bis 15 Graden, es ist ein gemäßigter, den Zutritt des Sauerstoffs der Atmosphäre nicht abschließender Feuchtigkeitsgrad Bedingung des Keimens, d. h. der Wiedererweckung des Keimes im Samenkorne, der Lösung und Umbildung der Reservestoffe, sowie erneuten Wachsthums und höherer Ausbildung der bereits vorhandenen Organe.

Daß der Zutritt atmosphärischen Sauerstoffs Bedingung des Keimens sei, habe ich dadurch erwiesen: daß ich rasch keimende Sämereien in einer auch den Boden durchdringenden künstlichen Atmosphäre von kohlensaurem Gase beliebig lange Zeit unter übrigens günstigsten Bedingungen vom Keimen

zurückhielt. Die verwendeten Sämereien keimten sämmtlich sofort, nachdem die Kohlensäure durch atmosphärische Luft ersetzt worden war. Es hatte daher die Kohlensäure nicht geschadet, sondern nur durch Abschluß des Sauerstoffs der Luft die Keimung verhindert. (Forstl. Convers.-Lexikon, Anhang.)

Entfernung der Kohlensäure im Boden und Begünstigung des Sauerstoffzutritts fördern daher die Keimung. Lockerung des Keimbettes und nicht zu hohe Erddecke sind die einzigen uns zu Gebote stehenden Förderungsmittel, da eine Verwendung humusfreien Bodens dem Sämlinge mehr schaden, als dem keimenden Samen nützen würde. Die Wirkung *des Vorbereitungsschlages*, das sogenannte „Empfänglichwerden" des Bodens liegt vorzugsweise im Ablauf einer Periode *überreicher* Kohlensäureentwicklung in dem bis daher geschützten humusreichen Boden vor eintretender Besamung.

Dagegen bedarf die Keimung der Lichtwirkung nicht. Letztere ist überall nur da nothwendig, wo *Rohstoffe* der Ernährung in organischen Bildungsstoff umgewandelt werden sollen, wo aus der anorganischen Kohlensäure der Sauerstoff abgeschieden werden soll. Dieß ist im Keimungsprocesse nicht der Fall, dessen Endzweck es ist, aus bereits vorhandenen, von der Mutterpflanze bereiteten, aber in fester Form als Reservestoffe niedergelegten Bildungsstoffen den flüssigen, einer Wanderung von Zelle zu Zelle fähigen Bildungssaft wieder herzustellen. Daher wird denn auch im Keimen kein Sauerstoff frei, sondern der aufgenommene Sauerstoff in Verbindung mit Kohlenstoff als Kohlensäure abgeschieden.

Es sind dieß dieselben Bedingungen, die auch die ältere Holzpflanze alljährlich aus ihrer Winterruhe wieder erwecken, und in der That ist letztere eine der Samenruhe durchaus analoge Erscheinung im Pflanzenleben. Streng genommen *ist der Embryo im Samenkorne die einjährige Pflanze*, die zur Reifezeit in die erste Winterruhe eingeht, demzufolge das, was wir die einjährige Pflanze nennen, eigentlich die zweijährige Pflanze ist. Wir werden später sehen, daß zwischen dem Keimungsakte, d. h. zwischen der Auflösung der dem Embryo von der Mutterpflanze mitgegebenen Bildungsstoffe zur Fortbildung des Keimpflänzchens und der Frühjahrsthätigkeit jeder älteren Holzpflanze die schärfsten Parallelen bestehen, daß der Keimungsakt auch in der älteren Holzpflanze sich alljährlich erneuert.

Ein Rückblick auf das Vorhergesagte zeigt uns, daß der Embryo, das Keimpflänzchen im reifen Samenkorne, von einer größeren oder geringeren Menge zu Stärkemehl, Klebermehl, Gerbmehl, Oel 2c. umgebildeter Reservestoffe begleitet ist, die, von der Mutterpflanze bereitet, dieselbe Bedeutung für den Pflanzenkeim haben, wie Dotter und Eiweiß des thierischen Eies für den Thierkeim; es sind Stoffe, die der zur selbstständigen Verarbeitung von Rohstoffen der Ernährung noch unfähige Keim sich aneignet, um durch deren allmählige Verwendung bis zu einer Entwicklungsstufe fortzuwachsen, in der durch erfolgte Ausbildung von Wurzeln und Blättern jener Zustand selbstständiger Ernährung eingetreten ist. Diese Aneignung von Reservestoffen tritt bei der Mehrzahl der Pflanzen schon vor vollendeter Samenreife ein, sie gibt sich in der Verdickung der ersten Blattausscheidungen

zu Samenlappen zu erkennen (Taf. I. Fig. 25—26), oder die Reservestoffe lagern sich in dem den Keim einschließenden Samenweiß (Endosperm) ab (Taf. I. Fig. 27 a Kiefer) und werden in diesem Falle erst während des Keimens vom Embryo aufgesogen, wobei der physiologisch sehr merkwürdige und vielsagende Umstand eintritt: daß diese Auffaugung zu einer Zeit geschieht, in der ein organischer Zusammenhang zwischen Keim und Samenkorn nicht mehr stattfindet. Man untersuche ein Nadelholz-Samenkorn zur Zeit, wenn es eben aus dem Boden emporgehoben ist und man wird in den, das Fiederchen bedeckenden Samenhäuten (Käppchen) noch den fast vollen Gehalt an Samenweiß wie im ungekeimten Samenkorne vorfinden. Einige Tage später sind davon nur noch die ausgesogenen Häute zurückgeblieben, obgleich während dieser Zeit das Fiederchen nur kappenartig vom Samenweiß überdeckt ist. Nimmt man das Käppchen frühzeitig ab, stülpt man es unverletzt über junge ähnlich geformte Nadelholzblätter, Grasspitzen, eben aufbrechende Laubholzknospen, oder über ein Stückchen Bindfaden, durch den Feuchtigkeit in den Innenraum des Käppchens aufgesogen oder auch abgeleitet werden kann, was sich mit der Kappe des großen Samens der Pinie recht gut und mit Sicherheit nicht eingetretener Verletzung ausführen läßt, dann findet bis zu eintretender Fäulniß eine Veränderung des Endosperm-Inhaltes nicht statt, woraus erhellet, daß das Fiederchen nicht allein aufsaugend wirkt, sondern daß dessen Wirksamkeit über die eigenen Grenzen hinaus in die Endosperm-Masse hinein sich erstreckt, die Umbildung und Lösung des Klebermehls in ihr vermittelnd. Was ich hier für die Blätter nachgewiesen habe, werden wir auch auf die Wurzelthätigkeit im Boden in Anwendung bringen dürfen. Ich habe nachgewiesen, daß die Wurzeln dem Bodenwasser die Kohlensäure entziehen. Eben so werden sie auch andere gelöste Stoffe ihrer Umgebung mit Auswahl entnehmen können.

Die erste Veränderung, die der in ein günstiges Keimbett, d. h. in eine Lage versetzte Same zu erkennen gibt, in welcher ihm Wärme, Feuchtigkeit und atmosphärische Luft in geeignetem Grade zutreten können, ist ein bedeutendes Anschwellen der Samenlappen oder der Mandel solcher Sämereien, die durch längeres Trockenliegen eingeschrumpft sind (Haselnuß, Eichel, Roßkastanie). Dieß Anschwellen der Samenlappen tritt sehr früh, schon wenige Tage nach der Aussaat im Herbste ein und scheint auf mechanischer Wassereinsaugung zu beruhen, wenigstens steht es mit keiner anderen erkennbaren Lebenserscheinung im Zusammenhange, und auch der alte, keimungsunfähig gewordene Same ist ihm unterworfen. Dieß aufgesogene Wasser hält der Same aber sehr fest und wird dadurch für längere Zeiträume von äußerer Feuchtigkeit unabhängig. Ein gänzliches Entweichen dieser einmal aufgenommenen Feuchtigkeit schadet der Keimfähigkeit und kann sie gänzlich vernichten, wie wir dieß im Großen am Erlensamen sehen, der längere Zeit auf dem Wasser geschwommen hat und dann gesammelt und getrocknet wurde, während derselbe Same, naß ausgesäet, vollkommen keimfähig ist.

Ob zwischen dem Zeitpunkte vollendeter Samenruhe und dem Beginn der Keimung noch ein Zeitraum liege, läßt sich nicht bestimmen. Da die

Samenruhe selbst sich nur aus der ungleichen Dauer bei verschiedenen Pflanzen, nicht aus sich selbst bestimmen läßt, jedenfalls daher jenen Zeitraum einer Keimungsvorbereitung in sich einschließen würde. Ohne weitere optische oder chemische Hülfsmittel erkennt man die Keimung erst mit dem Hervorbrechen des Würzelchens aus dem Samenkorne, das in der Regel an derselben Stelle erfolgt, die auch zum Eindringen des Pollenschlauches dient (Taf. I. Fig. 22 d), indem dieser, die Mykrophyle genannte Gang auch während der Ausbildung des Samenkorns nicht verwächst, wenn er sich auch dadurch verschließt, daß seine Wände sich dicht aneinander legen.

Aber ehe noch das Würzelchen aus der Keimöffnung hervorschaut, haben die Reservestoffe der Samenlappen oder des Samenweißes schon theilweise bereits nachweisbare Veränderungen erlitten. Ich habe gezeigt, daß diese Stoffe während des Reifens der Sämereien eine Umwandlung erleiden, der zu Folge die ursprünglichen Kernstoffkörperchen des Zellkerns in Chlorophyllkörnchen, diese in Stärkemehl, letzteres bei den ölhaltigen Sämereien in Klebermehl umgewandelt werden, das den stärkemehlhaltigen Sämereien (Eichel, Kastanie, Roßkastanie) zwar nicht fehlt, aber in weit geringeren Mengen Bestandtheil der Samenlappen ist. Ich habe nun in meiner „Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims“ durch mikroskopisch-chemische Untersuchungen nachgewiesen, daß die im reifen Samenkorne niedergelegten Reservestoffe rückwärts dieselben Umbildungen während des Keimens erleiden, die sie während des Reifens vorschreitend durchliefen; das Klebermehl wird wieder zum Stärkemehl, dieses wird wieder zum Chlorophyll, die Samenlappen wiederum grünfärbend. Im reifen Buchensamen sind die Samenlappen ungefärbt, ein Tröpfchen Jodlösung färbt Querschnitte daraus gelbbraun: sie enthalten nur Klebermehl; ist der Same angekeimt, so färbt Jodlösung die Querschnitte blau — das Klebermehl hat sich in Stärkemehl umgebildet; haben die Samenlappen im Lichte sich entwickelt, dann werden sie grün: das Stärkemehl hat sich in Chlorophyll verwandelt. Es läßt sich aufs Bestimmteste nachweisen, daß es dieselben von einer sich nicht verändernden Hüllhaut umschlossenen, organisirten Körper sind, die durch Umwandlung ihres Inhaltes diese Veränderungen vor- und rückschreitend erleiden, eine Thatsache, durch welche die bisherigen Annahmen rein chemischer Natur des Keimungsprocesses beseitigt sind. Wärme, Feuchtigkeit, atmosphärische Luft sind in keiner anderen Weise Bedingungen des Keimungsprocesses, wie sie es für die späteren Zustände des Pflanzenwachsthums ebenfalls sind.

Mit diesen im Keimungsprocesse vor sich gehenden organisch-chemischen Umbildungen und Stoffwandlungen geht nun aber die Auflösung eines Theils der Reservestoffe Hand in Hand, nach Maßgabe des Bedarfes der Keimlingpflanze, zu deren eigenem Wachsthum. Es steht diese Auflösung aufs Bestimmteste unter der Herrschaft des Keimlings, dem jene Reservestoffe von der Mutterpflanze mitgegeben wurden. Halten wir den Wuchs des Keimlings in irgend einer Weise zurück, so verzögert sich damit unter übrigens gleichen äußern Einflüssen die Lösung der Reservestoffe, die um so rascher fortschreitet und um so früher vollendet ist, je üppiger und rascher der Keimling sich entwickelt. Während in demselben Saatbette die

Samenlappen der kräftig entwickelten Eichen, Kastanien, Haselnüsse längst ausgesogen sind, enthalten die Samenlappen der Schwächlinge oder durch Beschneiden in der Massenbildung zurückgehaltener Pflänzchen noch bedeutende Mengen von Stärkemehl. Die im Boden zurückbleibenden Samenlappen dieser Pflanzen sind aber sicher ganz gleichen äußeren Einflüssen unterworfen. Thatsachen solcher Art treten dem Forstmann alljährlich in Menge entgegen, es kommt nur darauf an, daß er den richtigen Honig daraus ziehe. Samenlappen der Eiche, auf dem Rande einer enghalsigen Flasche liegend, die Wurzeln im destillirten Wasser derselben, das Stämmchen kümmerlich wachsend, habe ich drei Jahre hindurch lebendig und mehlhaltig erhalten. Das Pflänzchen hatte ihnen nur so viel Bildungsstoffe entzogen, als es zu seiner eigenen durch äußere Verhältnisse beschränkten Entwickelung bedurfte. Es ist also auch die Lösung der Reservestoffe selbst kein rein chemischer Vorgang.

In den an Stärkemehl reichen Samenlappen der Eiche, Kastanie, Roßkastanie, ebenso wie im Samenkorn der Gräser und der Hülsengewächse ist die Bildung von Stärkegummi und Zucker das nächste Resultat der Mehllösung. Im großen Maßstabe zeigt dieß das Malzen der Getreidearten, und auch die Eichel erhält im Keimen einen süßlichen Geschmack, so daß sie durch Ankeimen genießbar, wenn auch nicht wohlschmeckend wird. Das Mehlkorn der Eichel reagirt dann auf Eisenchlorid mit blauer Farbe. Welche Rolle bei dieser Lösung ein bis jetzt nur künstlich extrahirter Stoff die Diastase spielt, ob er in der That ein nothwendiges, die Umbildung vermittelndes Ferment auch in der lebendigen Pflanze sei, läßt sich zur Zeit noch nicht bestimmen.

Wie die natürliche Lösung der Reservestoffe stärkemehlreicher Sämereien einen stickstofffreien krystallisationsfähigen Stoff den Zucker bildet, so enthält die natürliche Lösung der klebermehlreichen Sämereien (Buche, Hainbuche, Hasel, Esche, Linde, Nadelhölzer) einen krystallisationsfähigen stickstoffhaltigen Körper, der aus der Mandel als Amygdalin bekannt ist. Indeß zeigten mir die aus natürlichen Klebermehllösungen gewonnenen Krystalle doch mannichfaltige Abweichungen, theils gegenüber dem künstlich aus bitteren Mandeln dargestellten Amygdalin, theils unter sich aus verschiedenen Sämereien; daher ich diese stickstoffhaltigen, krystallinischen Körper mit dem Sammelnamen Gleis bezeichnen zu müssen glaube.

Der Oelgehalt des Samenkorns steht mit dem Klebermehlgehalt in inniger Beziehung. Ebenso wie keinem Samen das Klebermehl gänzlich fehlt, mangelt auch das Oel in keinem Samen, es tritt aber in um so reichlicherer Menge auf, je größer der Klebermehlgehalt ist, die ölreichsten Sämereien der Buche, Hasel, Nadelhölzer, Drupaceen, Linde, Hanf, Lein 2c. enthalten nur Klebermehl. Dazu gesellt sich der Umstand, daß das Oel erst mit der Ausbildung des Klebermehls auftritt, unreife Bucheckern oder Haselnüsse enthalten kein Oel. Ebenso verschwindet auch das Oel sofort, wenn im Keimungsprocesse die Klebermehllösung eintritt.

Daraus erhellet die physiologische Bedeutung des Oels. Das Stärkemehl ist gegen die Einwirkung wässeriger Flüssigkeiten unempfindlich, es bedarf eines Schutzmittels gegen diese nicht. Den stärkemehlreichen Säme-

reien fehlt daher das Oel bis auf geringe, dem geringen Klebermehlgehalt entsprechende Mengen. Das Klebermehl hingegen ist gegen die Einwirkung wässeriger Flüssigkeiten äußerst empfindlich, eine Eigenschaft, der ich es verdanke, daß seine Entdeckung mir vorbehalten blieb. Hier wird ein Schutzmittel gegen Feuchtigkeit nothwendig, die den Reservestoff vor eintretender Keimung vernichten könnte. Dieß Schutzmittel ist das Oel, es entsteht mit dem Klebermehl und verschwindet mit dessen natürlicher Lösung im Keimungsprocesse. Je tiefer wir in die Natur der Dinge blicken, um so mehr offenbart sich uns das Gesetz höchster Zweckmäßigkeit.

Dieß alles zusammengehalten besteht auch der Keimungsproceß aus einer Reihenfolge organisch-chemischer Umwandlungen der Reservestoffe, deren Endzweck die successive Wiederherstellung derjenigen flüssigen, einer Wanderung von Zelle zu Zelle fähigen Bildungsstoffe ist, aus denen die Reservestoffe während der Reifezeit sich entwickelten. Wie wir den Zucker in fester Form darstellen, um ihn Jahre hindurch unverändert aufbewahren und ihn dann wiederum verflüssigt für unsere Zwecke verwenden zu können, so verwandelt auch die Pflanze ihre überschüssigen und für den Bedarf späterer Zeiten nöthigen Bildungssäfte in die festen Stoffe des Stärkemehls und des Klebermehls, in das flüssige, aber der Zersetzung nicht unterworfene Oel. Das Reifen des Samenkorns ist der Akt organischer Bildung, das Keimen ist der Akt organischer Rückbildung der Reservestoffe zu Bildungssäften. Wir werden sehen, daß sich diese Akte des Pflanzenlebens keineswegs auf den jugendlichen Zustand der Pflanzen und auf das Samenkorn beschränken, daß sie sich vielmehr in der mehrjährigen Holzpflanze alljährlich erneuern.

E. Die Ausbildung des Keims zur einjährigen Pflanze.

a. Ernährung.

Wir verließen den Embryo im reifen Samenkorne auf einer Entwickelungsstufe, in der zwar Stamm, Wurzel, Blatt, Mark, Rinde, Faserbündelkreis bereits vorhanden sind, alle diese Theile aber mit seltenen Ausnahmen in einem noch wenig entwickelten Zustande sich befinden. In Folge dessen ist der Embryo, wenn auch befähigt durch Zellenmehrung, Zellenwachsthum und Zellenfestigung sich selbst weiter fortzubilden, doch noch nicht im Stande, selbstständig Rohstoffe seiner Umgebung in Bildungsstoffe umzuwandeln, er wird dadurch abhängig von den ihm von der Mutterpflanze in den Samenlappen oder im Samenweiß mitgegebenen Reservestoffen, deren im Keimungsprocesse successive und nachhaltige Rückbildung in Bildungssäfte ihm die Stoffe liefert, durch deren Verwendung er bis zu demjenigen Zustande sich ausbildet, in dem er selbst aus Boden und Luft rohe Nahrungsstoffe nicht allein aufzunehmen, sondern diese auch zu Bildungssäften umzuarbeiten vermag.

Die Ernährung der einjährigen Pflanze zerfällt daher in drei Perioden, in deren erster der Zuwachs allein aus der Verwendung der Reservestoffe des Samenkorns erfolgt, während in der zweiten Periode neue Bildungsstoffe aus Rohstoffen bereitet und sofort verwendet werden müssen. In

einer dritten Periode muß die junge Pflanze neue Reservestoffe für das nächstfolgende Jahr bereiten. Es ist leicht einzusehen, daß die geringe Menge der Reservestoffe des Samenkorns der Birke, Erle, Pappel das Material für die Ausbildung der einjährigen Pflanze nicht liefern kann.

Die erste Periode der Ernährung endet bei verschiedenen Pflanzen zu sehr verschiedener Zeit, am frühesten bei denjenigen, die, wie die Nadelhölzer, wie Linde und Esche, ihre ersten Blattausscheidungen zu Samenlappen nicht verdicken, früher bei denjenigen Laubhölzern, deren Samenlappen im Verhältniß zur Keimgröße klein sind. Im Allgemeinen kann man sagen, daß sie vollendet ist mit der vollkommenen Ausbildung der ersten normalen Blätter. Man kann sich hiervon leicht und in wenigen Wochen überzeugen, wenn man Bohnen (Vicia) keimen läßt und von Tag zu Tag einigen derselben die Samenlappen abschneidet. Man wird dann finden, daß vom Tage des Verlustes ab die Pflänzchen wohl noch etwas höher werden, daß aber deren Blätter auf derselben Entwickelungsstufe stehen bleiben, daß nach einigen Wochen diese sowohl wie der Stengel absterben. Tritt der Verlust der Samenlappen erst dann ein, wenn die ersten normalen Blätter entfaltet und erstarkt sind, dann hat derselbe einen den Wuchs hemmenden Einfluß nicht mehr.

Läßt man Bohnen unter völligem Lichtabschlusse keimen, dann wachsen sie, wenn auch schmächtig und bleichsüchtig, bis zum Verbrauch der Reservestoffe in normaler Weise, sterben alsdann aber unfehlbar ab. Zur selbstständigen Ernährung, zur Verarbeitung von Rohstoffen der Ernährung bedarf die Pflanze daher nicht allein der Belaubung, sondern auch der Lichtwirkung.

Bis zur Ausbildung der ersten Normalblätter lebt der Embryo daher von den Reservestoffen der Samenlappen oder des Samenweiß. Da diese Reservestoffe bereits verarbeiteter und zwar von der Mutterpflanze bereiteter Bildungsstoff sind, so kann das Pflänzchen durch ihre Verwendung sich fortbilden, ohne gleichzeitig die Fähigkeit einer Umbildung von Rohstoffen in Bildungsstoffe zu besitzen. Bis dahin gleicht die junge Samenpflanze in Bezug auf ihre Ernährung dem Hühnchen im Eie, vom Augenblicke des Bebrütens ab. Der Moment, in welchem die ersten Normalblätter ausgebildet sind, entspricht dem Auskommen des Hühnchens aus dem Eie. Erst von diesem Augenblicke ab vermag die junge Pflanze Rohstoffe ihrer Ernährung nicht allein aus ihrer Umgebung aufzunehmen, sie ist nun auch befähigt, diese Stoffe unter Einfluß des Lichtes zu Bildungsstoffen selbstständig umzuwandeln.

Welches die Rohstoffe der Ernährung seien, das läßt sich unmittelbar nicht erkennen. Wir können sie nur entnehmen aus der chemischen Untersuchung der Bestandtheile des Pflanzenkörpers. Alle die elementaren Stoffe, aus der die Pflanze zusammengesetzt ist, müssen von ihr als Nahrungsstoff aufgenommen werden, freilich in ganz anderen Zusammenstellungen, als wir sie in der Pflanze vorfinden.[1]

[1] Die Ansicht einiger der älteren Pflanzenphysiologen, daß die als einfach betrachteten Stoffe nichts anderes seien als Körper, deren weitere Zerlegung der Chemie bis jetzt nicht gelungen ist; daß manche unter ihnen aus einfacheren Stoffen zusammengesetzt seien, in der Pflanze, durch deren vitale Kraft, aus letzteren gebildet werden können;

Als wesentliche Elemente der Pflanzensubstanz lehrt uns die chemische Analyse Kohlenstoff, Sauerstoff, Wasserstoff und Stickstoff kennen, denen in geringen Mengen Kiesel, Phosphor und Schwefel, Kali und Natron, Kalk, Talk, Eisen und Mangan beigegeben sind. Die zuerst genannten Elemente sind im Boden und in der atmosphärischen Luft enthalten, theils als Wasser (Wasserstoff und Sauerstoff), theils als Kohlensäure (Kohlenstoff und Sauerstoff), theils als Ammoniak (Wasserstoff und Stickstoff), theils als Salpetersäure (Sauerstoff und Stickstoff). Die zuletzt genannten mineralischen Stoffe sind Bestandtheile des Bodens (siehe die Bodenkunde S. 76 bis 97). Daß sie als kohlensaure, schwefelsaure, phosphorsaure Salze im Bodenwasser gelöst, nur durch die Wurzeln aus dem Boden bezogen werden können, ist daher unzweifelhaft. Auf demselben Wege kann die Pflanze auch ihren ganzen Bedarf an Sauerstoff und Wasserstoff durch Zerlegung des aufgenommenen Bodenwassers beziehen. Nicht so verhält es sich in Bezug auf deren jährlichen Bedarf an Kohlenstoff. Die das ganze Jahr hindurch in nassem Boden wachsende Erle oder Weide würde denselben aus dem Boden nur in Verbindung mit dem umgebenden Bodenwasser aufnehmen können; sie würde durch eine, dem Maximum ihrer Wasserverdunstung entsprechende jährliche Wasseraufnahme aus dem Boden, selbst unter Annahme des Maximum von Kohlensäuregehalt des Bodenwassers, kaum den hundertsten Theil ihres jährlichen Kohlenstoffbedarfs auf diesem Wege beziehen können (siehe Seite 12—16), daher wir zu der Annahme gezwungen sind, daß der bei weitem größere Theil des Kohlenstoffbedarfs durch die Blätter unmittelbar der atmosphärischen Luft entnommen werde. Ob und in wie weit dieß auch in Bezug auf den Stickstoffbedarf angenommen werden kann, ist eine offene Frage. Daß derselbe großentheils durch die Wurzeln aus dem Boden als kohlensaures Ammoniak bezogen werde, ist höchst wahrscheinlich. Muß man aber zugeben, daß die Blätter Kohlensäure aus der Luft entnehmen, so liegt es nahe, dieß auch auf den Stickstoff in der Zusammensetzung zu kohlensaurem Ammoniak anzunehmen.

Wir sind daher zu der Annahme berechtigt: daß die Pflanze durch ihre Wurzeln aus dem Boden Wasser aufnehme, in welchem kohlensaures Ammoniak, kohlensaure, kieselsaure, schwefelsaure, phosphorsaure, zum Theil auch salzsaure Alkalien, Erd- und Metalloxyde aufgelöst enthalten sind, jedenfalls nach Bedarf und mit Auswahl, wie uns dieß schon der, in Menge und Beschaffenheit verschiedene Aschegehalt nebeneinander erwachsener, gleich großer und in gleichem Massezuwachse stehender Kiefern und Buchen beweist.[1]

daß die Pflanze z. B. Kalium und Silicium ebenso aus einfacheren, gasförmigen Elementen zu bilden vermöge, wie sie das Ammoniak aus Wasserstoff und Stickstoff, das Wasser aus Wasserstoff und Sauerstoff möglicherweise bilden kann, hat mit den Fortschritten der Chemie alle Sympathien verloren.

[1] Die sehr verbreitete Ansicht, daß die Pflanzenwurzeln mit dem Bodenwasser alles aufnehmen, was in diesem vollständig gelöst enthalten ist, habe ich nach Kräften zu bekämpfen mich bestrebt. Die Ansichten Sprengels und Schleidens über Aufnahme von Humusextrakten habe ich durch Gegenversuche widerlegt, die später auch von andern Beobachtern bestätigt wurden. (Seite 90.) Der berühmt gewordene Biot'sche Versuch: Färbung

Daß die von den Wurzeln aufgenommene wässerige Bodennahrung durch die ganze Pflanze hindurch bis zu den Blättern emporsteige, beweist uns die fortdauernde Verdunstung großer Feuchtigkeitsmengen durch die Blätter, beweist uns das Welken derselben, wenn innerhalb des Bereiches der Wurzeln der Boden austrocknet.[1]

Zu den Blättern emporgestiegen, müssen die aus dem Boden entnommenen rohen Nährstoffe mit der, von den Blättern aus der Luft aufgenommenen Nahrung, mit Kohlensäure oder mit kohlensaurem Ammoniak zusammentreffen. Dieß Zusammentreffen verschiedenartiger, bis dahin unorganischer Nährstoffe mag es wohl hauptsächlich sein, durch welches deren bisherige Verbindungen zerlegt und neue, organisch-chemische Zusammenstellungen der Elemente hervorgerufen werden, deren Resultat ein hinfort organischer Stoff, der primitive Bildungssaft ist, den wir als flüssige, der Wanderung von Zelle zu Zelle befähigte Grundlage aller späteren, aus Umwandlung derselben hervorgehenden Pflanzenstoffe betrachten müssen.

Welche Rolle bei dieser ersten Umbildung der Rohstoffe dem Sonnenlichte zugetheilt ist, muß durch fortgesetzte Untersuchungen erst noch sicherer als bisher ermittelt werden. Wir wissen, daß die Blätter im Sonnenlichte reines Sauerstoffgas abscheiden und glauben daraus eine chemische, den Sauerstoff abscheidende Kraft des Sonnenlichts ableiten zu dürfen, in Folge dessen die Kohlensäure zerlegt und eine Verbindung des in der Pflanze zurückbleibenden Kohlenstoffs mit den Elementen des Wassers vermittelt werde, wie wir solche, als Endresultat einer langen Reihe von Stoffwandlungen des Bildungssafts, im Zellstoffe der Pflanze ausgebildet und fixirt sehen. Allein wir wissen auch, daß diese Sauerstoffabscheidung nur unter direkter Einwirkung des Sonnenlichts vor sich geht und sehen dennoch im tiefsten Schatten unseres geschlossenen Hochwaldes, der nie von einem direkten Sonnenstrahl erhellt wird, gewisse Pflanzenarten, selbst höherer Entwickelung, freudig vegetiren und ihr normales Grün ausbilden. Ich erinnere nur an Diervillia canadensis, Xanthorhyza, Hedera, Oxalis. Einige unserer Culturpflanzen: die Weißtanne, die Eibe wachsen sogar entschieden rascher und kräftiger, wenn sie durch eine, zur Seite befindliche Schutzwand der direkten Einwirkung des Sonnenlichts gänzlich entzogen sind, wenn ihr Standort nur durch reflektirtes Sonnenlicht erhellt wird. Ohne Zweifel wirkt das Licht mächtig auf die Entwickelung der Pflanze und auf deren kräftigen und normalen Wuchs; ob aber jene Wirkung eine chemische, die Umwandlung der Rohstoffe in organischen Bildungsstoff bedingende sei, das darf man, meine ich, zur Zeit noch nicht mit Sicherheit behaupten, während meine neuesten Versuche mir einen überaus mächtigen Einfluß der Lichtwirkung auf die Energie der Verdunstung ergeben haben, die, da das in der Pflanze aufsteigende und durch die Blätter verdunstende Wasser Trans-

weißer Hyacinthenblüthen durch Begießen der Pflanze mit dem rothen Safte der Beeren von Phytolacca decandra ist mir nie geglückt, so lange die Wurzeln unverletzt und gesund blieben.

[1] Näheres über Nahrungsstoffe, deren Quellen und Aufnahme enthalten die vorhergehenden beiden Abschnitte der Luft- und Bodenkunde.

portmittel für die terrestrischen Nährstoffe ist, schon hierdurch einen mächtigen Einfluß auf den Ernährungsproceß der Pflanzen ausüben muß.

Jener, in den Normalblättern bereitete, primäre Bildungssaft ersetzt nun fortan diejenigen secundären Bildungssäfte des Keims, die diesem von der Mutterpflanze in den Reservestoffen des Samenkorns mitgegeben wurden. Vom Siebfasergewebe der Blattnerven, aus dem umgebenen Zellgewebe des Blattes aufgesogen, geht er durch den Bast des Blattstiels in den Bast der Zweige, Aeste und des Stammes zurück und speist von da aus nach innen den Holzkörper, nach außen die Rinde, nach Bedarf in diejenigen Zellen oder Fasern sich vertheilend, in denen entweder Zellenmehrung und Zellenwachsthum oder die Ausbildung von Reservestoffen (Chlorophyllkörner, Stärkemehl, Klebermehl, Inulin 2c.) oder von Secreten (Farbstoffe, Oele, Harze, Säuren, Salze 2c.) den Zufluß von Bildungssäften fordern. Am Orte seiner endlichen Verwendung angelangt, steht seine weitere Umbildung unter der Herrschaft derjenigen Zelle, in welcher er das Endziel seiner Wanderung erreicht hat. Es beweist uns dieß aufs Bestimmteste der Umstand, daß der Wildlingstamm eines gepfropften Baumes in allen seinen Theilen stets die Natur des Wildlings behält. Derselbe primäre Bildungssaft, der in der Rindezelle des Zweiges zu Chlorophyllkörnern verwendet wird, liefert in der Rindezelle der Wurzel nur Stärkemehl; derselbe Bildungssaft wird im Zellgewebe desselben Blumenblattes zu den verschiedensten Farbstoffen, in den Nectarien zu Honig, in den Zellen der Harzgänge zu Harzen und ätherischen Oelen, in der Holz- und Bastbündelfaser zu mächtigen Celluloseschichten ausgebildet. Es ist mir sehr wahrscheinlich: daß das, was ich Seite 163 als Ptychodesaft bezeichnet habe, nichts Anderes ist als dieser primitive Bildungssaft; daß die Bewegung des Ptychodesafts in der einzelnen Zelle (Seite 164) in Beziehung stehe mit der Bewegung des primären Bildungssafts von Zelle zu Zelle; daß der Zellkern aus dem Bildungssafte resp. Ptychodesafte die zu seinem Wachsthum nöthigen Stoffe durch Intussusception sich aneigne; daß der im Zellkerne fixirte und zu Kernstoffkörperchen ausgebildete Ptychodesaft von da ab erst eine verschiedenartige, der Natur der Zelle und der Pflanzenart entsprechende Umbildung erleidet, theils zum Safte der Physalide und des Zellraumes, theils zu Cellulosekörnern und zu dem daraus erwachsenden Cellulosebande der Zellwand (S. 165), theils zu den verschiedenen körnigen Gebilden, zu Stärkemehl-, Klebermehl-, Chlorophyllkörnern 2c. sich ausbildend (S. 180). Da aber letztere, wie die Zellwandung selbst, auch nach ihrer Entstehung sich noch bedeutend vergrößern, so müssen sie, wie der Zellkern, die Fähigkeit besitzen, Bildungssäfte in sich aufzunehmen und sich zu verähnlichen, mit dem Unterschiede jedoch, daß, abgesehen von später möglichen Stoffwandlungen (S. 181), der vom Stärkekorne aufgenommene Bildungssaft sich zu Stärke, der von der Zellwand aufgenommene Saft sich zu Cellulose un-

mittelbar ausbildet, während die Substanz des wachsenden und des ausgewachsenen Zellkerns überall und immer dieselbe zu sein scheint.

Der sich selbst aus dem Kernkörperchen regenerirende oder durch Theilung sich mehrende Zellkern ist der Schöpfer aller organisirten Bestandtheile des Pflanzenkörpers; letztere besitzen aber bis zu ihrer Vollendung die Fähigkeit durch Theilung sich zu mehren, durch Aufnahme von Bildungsstoffen zu wachsen und durch Wechsel in der Aufnahme dargebotener Bildungsstoffe ihre Substanz zu verändern.

Erst im Laufe des verwichenen Sommers ist es mir geglückt, jenen primitiven Bildungssaft kennen zu lernen. Es war im Monat Juli,[1] als ich die Entdeckung machte, daß, wenn man mit der Spitze eines Messers horizontale, die Rinde und Bastschichten durchschneidende Ritzwunden in den Stamm von Ahornstämmen oder Aesten 1—6zölliger Stärke einschneidet, Tropfen einer wasserklaren Flüssigkeit aus der Ritzwunde hervorquellen, die mit einem Pinsel aufgefangen und gesammelt werden können. Später erhielt ich in gleicher Weise den Bastsaft auch aus Rothbuchen, Hainbuchen, Eichen, Rüstern, Eschen, Linden, Kirschbäumen und Akazien, um so reichlicher, je später im Jahre, bis zum ersten Frühfrost. Kurz vor dem Blattabfalle war der Erguß so reichlich, daß ich von Rothbuchen, Hainbuchen, Linden, Akazien in wenigen Stunden über einen Cubikzoll Flüssigkeit sammeln konnte. Hierbei ergab sich nun: daß, wenn man mit den Ritzwunden am Fuße des Reidel beginnt, jede an derselben Baumseite höher angebrachte Wunde gleichfalls Saft gibt; ritzt man hingegen zuerst in Manneshöhe, dann liefern alle tiefer geführten Ritzwunden keinen Saft.[2] Es beweist dieß: daß wir einen Wandersaft vor uns haben, der, im Siebfasergewebe des Bastes abwärts sich bewegend, durch die Ritzwunde zum Ausfluß gelangt.

Filtrirt und aufgekocht gibt der Schröpfsaft nur einen sehr geringen Niederschlag stickstoffhaltiger Bestandtheile. Abermals filtrirt und mit absolutem Alkohol behandelt, färbt sich der Saft milchweiß und liefert einen Niederschlag, der, getrocknet, zu einer grauen spröden Masse erhärtet, die sich in Wasser nicht wieder auflöst, daher weder Gummi noch Pflanzenschleim sein kann. Es scheint mir fast als bestehe dieser Niederschlag aus den kleinsten, durch das Filter nicht abgeschiedenen organischen Moleculen.

Nach Abscheidung dieser, kaum $^1/_4$ Proc. vom Saftgewichte betragenden Bestandtheile und nach Abdampfen des Rückstandes verbleiben 25 bis 33 Proc. eines dickflüssigen Syrups, der bei Eichen, Rothbuchen, Hainbuchen, Linden, Akazien, Eschen, wie mir scheint seiner ganzen Masse nach, zu Zucker auskrystallisirt, während bei den Ahornen nur wenig Zucker krystallinisch aus-

[1] In diesem Frühjahre war es zuerst die Linde, welche aus Schröpfwunden Saftfluß gab und zwar schon Mitte April vor dem Anschwellen der Knospe.

[2] Am bestimmtesten zeigt sich dieß bei Eiche und Akazie, während bei Ahornen, Linden, Buchen, auch tiefere Ritzwunden unter höheren noch Saft geben. Der Umstand, daß der Saft bei den meisten Holzarten nur im Augenblick des Ritzens hervortritt, die Wunde schon nach Verlauf einer Minute keinen Saft mehr ergibt, kann nur auf Turgescenz der den Saft führenden Organe beruhen, mit deren Erschlaffung durch Saftausfluß dieser selbst aufhört.

scheidet, der größere Theil dieses Rückstandes zu einer wasserklaren, spröden Masse von höchst bitterem Geschmacke eintrocknet. Der Ahornschröpfsaft wird im Oktober so dickflüssig, daß er wie Kirschgummi wenige Stunden nach dem Hervorquellen tropfig erstarrt, wie dieses eine braune Farbe in der Luft annehmend (Extractivstoff — bittere Extracte der älteren Chemie).

Gerbsäure habe ich nur im Schröpfsafte der Eiche und zwar auch dort nur in so geringen Mengen aufgefunden, daß ich zur Annahme geneigt bin: es habe diese der Saft im Herausquellen aus der Ritzwunde aufgenommen.

Für den Chemiker ist der Schröpfsaft eine Fundgrube der verschiedensten Zuckerarten. Der Schröpfsaft der Eschen erstarrt fast mit der Hälfte seines Volumens zu Mannitkrystallen. Der Schröpfzucker der Eichen, Buchen, Linden steht in seiner Krystallform dem Rohrzucker sehr nahe. Der Schröpfzucker der Akazie krystallisirt aus der alkoholigen Lösung in sphärischen Tetraëdern. Alle außer den oben genannten Holzarten liefern keinen Schröpfsaft; da man aber aus den genannten Holzarten denselben Zucker erhält, wenn man die inneren Bastschichten mit absolutem Alkohol extrahirt, so darf man schließen, daß der, aus dem Baste der nicht tropfenden Holzarten in obiger Weise gewonnene Zucker dem Schröpfsaftzucker ersterer entspricht. Eine Uebersicht der auf diesem Wege dargestellten, in der Krystallform verschiedenen Arten von Bastzucker muß ich mir vorbehalten, mit der Bemerkung abschließend, daß die Nadelhölzer außer dem süßen, langsam und meist erst nach Jahren krystallisirenden Zucker, im Bastsafte noch reichliche Mengen eines zweiten, in Drusen spießiger Krystalle ausscheidenden stickstoffhaltigen Körpers (Laricit) enthält. Uns genügt hier die Thatsache: daß es hauptsächlich Zucker ist, den der primäre, aus den Blättern in der Basthaut rückschreitende Bildungssaft in Lösung enthält. Daß dieß derselbe, wenn auch etwas veränderte Saft ist, welchen die Blattrippen und Blattstiele zurückführen, erhellt aus dem Umstande, daß der Milchsaft der Ahornblätter nach 3—4 Monaten ebenfalls krystallinische Formen erhält.

In der nächstfolgenden Figur 27 habe ich die Wege des Wandersafts schematisch darzulegen versucht. Sie stellt ein einzelnes Faserbündel dar, dessen Wurzelende bei z, dessen Knospenende bei w, dessen Blattnervenende bei x gelegen ist. Die dunkle Hälfte dieses Faserbündels bedeutet den Holzkörper, die helle Hälfte bedeutet den Bastkörper desselben. Um in großem Maßstabe zeichnen zu können, habe ich neben dem Faserbündel, anstatt des dasselbe begrenzenden, parenchymatischen Zellgewebes, nur *eine* Zelle als Repräsentant desselben für Wurzel, Stamm und Blatt gezeichnet, jede derselben innerhalb der Zellwandung einen Ptychodeschlauch mit Ptychodesaft und Zellkern enthaltend.

Die Rindezelle der Wurzel nimmt das Bodenwasser mit den in ihm gelösten Salzen von außen in sich auf (a), leitet es durch sich hindurch und gibt es, wahrscheinlich unter Vermittlung des Markstrahlgewebes an den Holzkörper des Faserbündels ab. Es spricht keine einzige Thatsache für die Annahme, daß, bei normalem Verlaufe der Entwickelung, die aufgenommenen Rohstoffe schon in der Wurzelzelle in organische Säfte umgewandelt werden. Wie die Wurzelzelle selbst, so stammt auch deren organischer Inhalt aus Bildungssäften, die ihr von oben herab zugegangen sind.

Im Holzkörper aufsteigend (siehe hierüber das Nähere in den Abschnitten „Bewegung des Holzsafts" und „Bluten der Holzpflanzen"), gelangt

Fig. 27.

der rohe Nahrungssaft auf dem, durch Pfeile angedeuteten Wege bb durch Blattstiel, Blattkiel und Rippen bis in die Blätter (x). Hier wird er an das, die leitenden Faserbündel begrenzende Zellgewebe abgegeben (c) und trifft in diesem mit den aufgenommenen, atmosphärischen Nährstoffen (d) zusammen. Die dem Lichte zugängliche Blattzelle ist nun der Ort, an welchem die Rohstoffe zu Bildungsstoffen umgewandelt werden. (Hier fehlt noch jede direkte Beobachtung des inneren Vorganges.) Diese Bildungssäfte gibt nun die Blattzelle nicht an das Holzfasergewebe, von dem sie die Rohstoffe empfangen, sondern an das Siebfasergewebe der Bastschichten (e), in dem sie, abwärts schreitend, in die tieferen Baumtheile zurückgehen (ee). Auf diesem Rückwege geben die Bastschichten nach Bedarf Bildungssäfte an die Stamm- und Wurzelzellen ab (f, g), in denen dieselben, den Zellkern (h) ernährend, dessen Wachsthum und Regeneration vermittelnd, zu Reservestoffen in der (Seite 181 Fig. 25) dargestellten Weise längere oder kürzere Zeit sich fixiren.

Daß der primitive Bildungssaft nur rücklaufend und in der Querfläche der Faserbündel sich fortbewegen könne, dafür werde ich weiterhin die

nöthigen Beweise liefern. Es fragt sich nun: wie der wachsenden Triebspitze die nöthigen Bildungssäfte zugehen, wenn die unausgebildeten Blätter derselben nicht assimilationsfähig sind (Seite 194). Hier bleibt nur die Annahme: daß ein Theil des primären Bildungssafts, sei es mit oder sei es ohne vorhergegangene Fixirung zu Reservestoffen in Stamm- und Wurzelzelle, aus letzteren als secundärer Bildungssaft an den Holzkörper des Faserbündels abgegeben werde (i, k), und in letzterem mit dem rohen Holzsafte gemengt, bis in die Triebspitze (m—w) aufsteige; daß der im Holzkörper aufsteigende Rohsaft zu jeder Zeit secundäre Bildungssäfte mit sich nach oben führe und durch diese die wachsende Triebspitze ernähre. Wir werden später sehen, daß dieß der Weg ist, auf welchem den Trieben der älteren Holzpflanze die secundären Bildungssäfte aus Reservestoffen zugehen, und es ist nicht anzunehmen, daß sich dieß in der einjährigen Pflanze anders verhalte.

Demnach unterscheide ich: Wandersäfte (Fasersäfte) von Zellsäften. Nur erstere geben eine bestimmte Wanderrichtung zu erkennen. Es gehören dahin: 1) der im Holzkörper aufsteigende, stets mit secundärem d. h. aus wieder aufgelösten Reservestoffen stammendem Bildungssafte gemengte Rohsaft. 2) Der vom Bastkörper den Blattadern aus dem Blattgewebe extrahirte, im Bastkörper absteigende primäre Bildungssaft.

Zu den Zellsäften hingegen zähle ich alle diejenigen Säfte, die, ohne erkennbare Bewegungsrichtung von den Wandersäften ab und im gegenseitigen Austausch dahin gezogen werden, wo ein Ersatz durch Fixirung und Verdunstung nothwendig wird. Dahin gehören: die vom Blattgewebe aus dem Holzkörper des Blattgeäders entnommenen Rohsäfte; die aus den Blattzellen vom Bastkörper des Blattgeäders zu extrahirenden Bildungssäfte; die Cambial-, Mark-, Rindesäfte; die Markstrahl- und Zellfasersäfte; kurz alle Pflanzensäfte, die nicht den Wandersäften angehören, aber durch diese ersetzt werden, wo ein Verbrauch von Zellsäften dieß nöthig macht.

b. Wachsthum.

Im Embryo des Samenkorns sind zwar äußerlich das Stengelchen und das Würzelchen mit seinen auf- und absteigenden Knospenwärzchen, so wie eine oder mehrere Blattausscheidungen zu erkennen; es sind innerlich das Mark und die Rinde durch einen Faserbündelkreis bereits geschieden, aber die Faserbündel stehen noch auf einer sehr niedrigen Entwickelungsstufe. Man erkennt zwar deutlich die den Fasern eigenthümlichen Formen und Stellungsgesetze, die einzelnen Fasern sind aber noch außerordentlich klein, ihre Wandungen sehr dünn und ohne erkennbare Spuren einer Tipfelung. Den tieferen Stengeltheilen fehlt sogar die zuerst erkennbare Spiralfaserbildung, die erst in den höheren Theilen da hervortritt, wo die Blattausscheidungen vom Stengelchen sich trennen. Ein Gegensatz zwischen Holz- und Bastkörper läßt sich hier noch nicht erkennen, die Faserbündel stehen hier höchstens auf der (Seite 174, Fig. 20 d) dargestellten Entwickelungsstufe.

Das Wachsen der, aus dem Samenkorne hervorgegangenen Keimlingpflanze geht nach denselben Gesetzen vor sich, die wir bereits Seite 169 in

Bezug auf die Entwickelung des Embryo im Samenkorne kennen lernten. Es beruht wie überall auf Zellenmehrung durch Theilung der vorgebildeten Mutterzellen in Tochterzellen, so wie auf der Vergrößerung der, einer fortgesetzten Theilung nicht mehr unterworfenen Zellen oder Fasern, bis zu einer, der Zellenart und der Holzart eigenthümlichen Größe, die nur innerhalb gewisser Grenzen durch Gunst oder Ungunst äußerer Einflüsse modificirt wird, da letztere mehr auf die Zahlengröße der Neubildungen als auf die Größe der einzelnen Elementarorgane von Einfluß sind, das raschere oder minder rasche Wachsen vermittelnd.

Die Ausbildung der dem Samenkorn entstiegenen Keimpflanze zur einjährigen Pflanze umfaßt nachstehende, nebeneinander herlaufende Wachsthumsvorgänge:

A. In der Hauptachse.

1) Längezuwachs nach oben und nach unten, vorzugsweise in und dicht unter dem auf- und dem absteigenden Knospenwärzchen des Schaft- und des Wurzeltriebs, durch fortdauernde Zellentheilung in horizontaler Richtung so wie durch Umbildung der Zellen in Fasern (Seite 174). In den älteren Triebtheilen durch Längenwuchs der gebildeten Zellen und Fasern.

2) Dickezuwachs: a) in Mark und Rinde durch Zellenwachsthum und fortdauernde Zellenmehrung nach Bedarf des sich erweiternden Raumes der Faserbündelvergrößerung; b) auf der Grenze zwischen Bast- und Holzkörper durch fortdauernde Abschnürung steriler Tochterfasern für Holz und Bast, vom permanenten Mutterzellenpaare eines jeden Faserradius aus (Seite 177).

B. Bildung von Nebenachsen.

3) Ausscheidung von Blättern und Blattachselknospen dicht unter dem aufsteigenden Knospenwärzchen und nur dort (Seite 171).

4) Ausscheidung von Seitenwurzeln — nie in der Nähe des absteigenden Knospenwärzchens — stets an älteren Theilen der absteigenden Hauptachse durch Markstrahlmetamorphose (Seite 157).

C. Anticipirte Bildungen.

5) Ausbildung des nächstjährigen Längetriebes auf der Spitze des dießjährigen, umhüllt von Knospendeckblättern (Seite 133—135), sowohl an Haupt als Nebenachsen der oberirdischen Pflanze.

Was ich Seite 169 und 171 in Bezug auf die im Knospenwärzchen vor sich gehende Zellenmehrung und Faserbildung zur Vermittelung des Längenzuwachses gesagt habe, gilt ebenso für den ersten, wie für alle nachfolgenden Jahrestriebe. Was den, in den tieferen Theilen des wachsenden Triebes ohne Zweifel stattfindenden Längenzuwachs betrifft (Jahresberichte S. 107), so beruht dieser wahrscheinlich nicht auf Zellenmehrung, sondern allein auf Längenzuwachs der schon vorhandenen, einzelnen Zellen und Fasern, und scheint es, als fände diese Art des Längezuwachses auch noch im zweijährigen Triebe statt, da die Nadeln an der Spitze fertiger, einjähriger Triebe, z. B. der Kiefer, dichter beieinander stehen als an der

Spitze des zweijährig gewordenen Triebes.[1] Dahingegen sind alle älter als zweijährigen Triebe einem Längenzuwachse nicht mehr unterworfen.

Ein wesentlicher Unterschied im Längezuwachs des auf- und des absteigenden Stockes findet in sofern statt, als nur in ersterem, neben dem culminirenden Zuwachse im Knospenwärzchen, noch eine Streckung bereits gebildeter Theile bis zur Basis des Jahrestriebs hinab stattfindet (s. meine Jahresberichte Seite 107 Fig. 1). Ich habe schon Seite 134 darauf aufmerksam gemacht: daß in vielen Knospen alle Theile des nächstjährigen Triebes vorgebildet seien. Das in der Buchenknospe Fig. 4 liegende Blatt sehen wir am fertigen Triebe oft mehr als einen Fuß über die Knospenbasis emporgehoben; es findet hier daher eine Ortsveränderung bereits gebildeter Pflanzentheile statt, der sich in der widerstandslosen Luft kein Hinderniß entgegenstellt. Der, noch in der Knospe liegende, nächstjährige Trieb läßt sich vergleichen mit einem zusammen geschobenen, auf das Objectiv gestellten Fernrohre; der nächstjährige Längezuwachs des Triebes läßt sich vergleichen mit einer Verlängerung des Fernrohres, theils durch terminale Neubildungen unter der Oberfläche des Oculars, gleichzeitig aber auch durch von oben nach unten abnehmende Verlängerung aller Hülsen des Fernrohrs. Dieser letztere Längenzuwachs findet nun in der Wurzel nicht, oder doch nur in sehr geringem, auf die noch unverästelten, äußersten Wurzeltriebe beschränktem Maße statt. Der starre Boden, in welchem die zarten Wurzeltriebe sich entwickeln, steht einer solchen Ortsveränderung bereits gebildeter Pflanzentheile entgegen; der Längezuwachs ist hier wesentlich ein terminaler.

Was den Dickezuwachs durch Zellentheilung betrifft, so erreicht derselbe im Markgewebe sehr früh sein Ende, in der Rinde hingegen dauert er so lange fort, als diese sich lebendig erhält; bei Rothbuche, Hainbuche z. B. bis zum höchsten Alter der Pflanze. Er erfolgt hier, so lange der Trieb sich noch verlängert, durch horizontale Quertheilung, durch radiale und tangentale Längentheilung. Erlischt der Längenzuwachs, so hört auch die horizontale Theilung auf, tangentale und radiale Längentheilung dauern so lange, als die grüne Rinde sich noch verdickt. Hört der Dickezuwachs derselben auf, dann findet von da ab nur noch radiale Längentheilung statt, und zwar nach Maßgabe erweiterten Umfanges des Holz- und Bastkörpers, bis endlich die Rinde früher oder später abstirbt, resorbirt wird oder vertrocknet, aufreißt und mit den, gleichfalls außer Zuwachs tretenden, äußeren Bastlagen die aufgerissene Borke bildet.

Der Dickezuwachs durch Zellenmehrung ist aber stets ein geringer im Vergleich zum Dickezuwachs der Pflanze durch Fasermehrung. Daß und wie diese innerhalb einer tangentalen Spaltfläche aller Faserbündel stattfinde, nach außen den Bastkörper, nach innen den Holzkörper verdickend,

[1] Exotische Kiefern gehen nicht selten mit einem Endtriebe in den Winter, der kaum ein Viertel seiner endlichen Länge erreicht hat, an dem die Nadeln noch weit mehr hinter ihrer endlichen Länge zurückgeblieben sind, an denen aber dennoch die Endknospe im Winterkleide steht. Im Kalthause bleiben solche Triebe den Winter hindurch unverändert, und erst im kommenden Frühjahre wachsen sie wie die Nadeln zur normalen Länge heran. Bei P. Taeda, inops etc. überstehen solche unfertige Triebe sogar im Freien unbeschädigt die größte Winterkälte.

habe ich bereits Seite 177 ausführlich erörtert, Seite 179 u. f. über die, den Länge- und Dickezuwachs des Stengels und der Wurzel begleitenden Ausscheidungen von Blättern, Knospen und Seitenwurzeln gesprochen.

c. Die Zellenfestigung.

Die der Ernährung und der Verarbeitung der Nahrungsstoffe dienstbaren Zellen, im Wesentlichen die Zellen der Rinde, des Marks und des grünen Blattzellgewebes, erlangen nur ausnahmsweise einen Grad der Härte, wie er nothwendig sein würde, um unzählbare Zellenmenge zu größeren Pflanzen zu vereinen. Die sogenannten Zellenpflanzen sind entweder von geringer Körpergröße oder es wird wie bei den Tangen ein großer Theil ihres Gewichtes vom Wasser getragen. Das Zellgewebe aller größeren Landpflanzen bedarf einer inneren Stütze, die dem das Fleisch stützenden Knochengerüst der Wirbelthiere verglichen werden kann. Diese Stütze bildet sich jede Zelle durch Verwandlung ihres ersten Ptychodeschlauches in eine Zellwandung, es bildet sie sich die Gesammtpflanze durch Bildung eines centralen, mit der Pflanze selbst sich vergrößernden Holzkörpers, dessen Faserwände in höherem Grade sich verdicken durch wiederholte Bildung ineinander geschachteter Zellwände aus einer Reihefolge sich nach Innen verjüngender Ptychodeschläuche (Seite 165, Holzschnitt Fig. 16 l, i.).

Je nachdem die aus dem ersten Ptychodeschlauche hervorgegangene Zellwand allein das Zellengehäuse bildet, oder ein zweiter, dritter, vierter, im Innern des vorhergehenden regenerirter Schlauch dieselbe Umbildung zu ineinander geschachtelten Zellwänden erleidet, unterscheide ich *einfache* und *zusammengesetzte* Zellwände. Dem parenchymatischen Zellgewebe, sowie dem Siebfasergewebe des Bastes sind vorherrschend einfache Zellwände, dem Fasergewebe des Holzes und der Bastbündel sind vorherrschend zusammengesetzte Zellwände eigenthümlich.

Durch die dem Aufbau des Pflanzenkörpers nothwendige Verdickung der Zellwände würden aber die lebensthätigen Bestandtheile benachbarter Zellen, es würden die Ptychodeschläuche von einander getrennt und der Säfteaustausch zwischen ihnen erschwert, vielleicht ganz aufgehoben werden, wenn die Wände überall geschlossen um die Ptychodeschläuche sich ausbildeten. Es müssen, trotz der Wandverdickung, die Schläuche der Nachbarzellen unter sich in Berührung bleiben, wenigstens nicht durch Celluloseschichten überall von einander geschieden sein, da, *wie es scheint*, nur die Ptychodehäute, nicht auch die Celluloseschichten für Flüssigkeiten und Gase permeabel sind.

Eine diesem entsprechende, örtliche Beschränkung der Verdickung *des Celluloseantheils* der Zellwandung tritt nun in der That überall ein, wo eine Verdickung der Zellwandung stattfindet. Selbst den sehr dünnwandigen Zellen des Markes und der Rinde fehlt sie nicht. Sie ist theils eine kanalförmige im *Tipfel* und *Tipfelkanale*, theils eine spiralige oder ringförmige im *Spiral-* oder *Ringgefäße*.

Diese Unterschiede in der Entwickelung der Zellwandung sind es, die wir nachfolgend näher betrachten wollen.

1. Die einfache Zellwandung.

Wie ich Seite 165 gezeigt habe, bildet sich die erste, äußerste Zellwandung zwischen den beiden Häuten des Ptychodeschlauches aus organisirten, körnigen Cellulosekörpern, die unter sich zu einem geschichteten Bande (Astatheband) verwachsen, dessen einzelne parallelläufige Schichten ich Schichtungslamellen genannt habe. Die Entstehung dieser Celluloseschichten aus der Verwachsung von Cellulosekörnern habe ich mehrfach direkt nachgewiesen (Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims S. 148 und Taf. I. Fig. 45, 46). Das Astatheband der scheinbar geschlossenen Zellwandung, der Holz- und Bastfaser, der Siebfaser, der Mark- und Rindezelle ist in so dichten spiraligen Windungen um den Innenraum der Zelle gelagert, daß die Windungsränder desselben sich berühren, eine scheinbar geschlossene Wand bildend. Durch Anwendung chemischer Reagentien (Salpetersäure oder salpetersaures Quecksilber) gelingt es jedoch, die Windungen auseinander treten zu lassen (Holzfaser der Kiefer, Bastfaser von Asclepias, Haare auf der Spitze des enthülsten Haferkorns). Bei Adelia Acetodon liegen die Ränder des Astathebandes schon im natürlichen Zustande der Holzfaser getrennt, bei vielen Braunkohlenhölzern ist durch Contraction des Astathebandes die Trennung eingetreten (Taxites (?) Aikei). Dieß und das ziemlich allgemeine Vorkommen eines über die Tipfel hinziehenden Schrägspaltes, der nur dadurch entsteht, daß die Windungen des Astathebandes da auf kurze Strecken auseinander treten, wo ein Tipfelkanal zwischen ihnen hindurchgeht, sprechen für die Allgemeinheit dieser Struktur der Zellwand.

Fig. 28.



Nebenstehend gebe ich die Abbildung eines Stückes der Kiefernholzfaser, an welchem, nach Behandlung derselben mit Salpetersäure und Aether, die Windungen des Astathebandes in den unteren Theilen der Figur auseinander gezerrt sind, während sie, in den oberen Theilen mehr geschlossen, dort als schräg über den inneren Tipfelraum verlaufende Spalte erscheinen. Durch stärkere Einwirkung von Aether auf die mit Salpetersäure behandelte Holzfaser lösen sich die einzelnen Schichtungslamellen des Astathebandes in Primitivfasern, diese endlich in Primitivkügelchen auf, wie dieß der unterste Theil des Astathebandes in nebenstehender Figur andeutet (s. über Bestand und Wirkung der explosiven Baumwolle, Braunschweig 1847).

Die beiden Häute des Ptychodeschlauchs, zwischen denen das Astatheband sich entwickelt, legen sich der äußeren und der inneren Grenze der aus diesem gebildeten Cellulosewandung an, verwachsen mit derselben und bilden fortdauernd einen zweiten, häutigen Bestandtheil der Zellwandung, die äußere und innere Grenzhaut derselben, denen ich, ihrer Abstammung wegen, denselben Namen (Ptychoide und Ptychode) gelassen habe, mit denen ich dieselben Häute schon im Ptychodeschlauche vor der Wandbildung belegte. [1]

[1] Nur in Bezug auf die Abstammung der innersten, häutigen Zellengrenze habe ich gesagt, daß diese älter als die Celluloseschichten sei. Es beruht auf einem Mißverständniß,

In der vorstehenden Figur sieht man die äußere Grenzhaut zerrissen als Unterlage des Astathebandes, die innere Grenzhaut abgelöst und zu einem dünnen Schlauche contrahirt, Bilder, wie man sie durch Behandlung des Objects mit Schwefelsäure und Jodalkohol leicht erhält.

Die Zellwandung besteht daher aus zwei verschiedenen Bestandtheilen, aus den Celluloseschichten und aus den Zellhäuten, die sich nicht allein durch die, nur den letzteren zuständige, granulirte Struktur, sondern auch durch ganz entgegengesetztes Verhalten zu chemischen Reagentien von einander unterscheiden. Die Celluloseschichten werden durch Schwefelsäure expandirt, endlich gelöst und in Zucker umgewandelt, die Zellhäute bleiben unverändert; letztere werden durch Salpetersäure aufgelöst, die Celluloseschichten hingegen ohne räumliche Veränderung in Schießfaser verwandelt. Kupferoxydammoniak löst die Celluloseschichten und läßt die innere sowohl, wie die äußere Zellhaut ungelöst. Man kann sich davon leicht überzeugen, wenn man Baumwolle oder isolirte Fasern des Eichen-, Buchen-, Kiefernholzes unter Deckglas mit dieser Flüssigkeit in Berührung bringt.

Die Dicke, bis zu welcher die einfache Zellwandung sich entwickelt, ist eine sehr verschiedene. Die Mark- und Rindezellen, das Korkgewebe, die Blatt- und Fruchtzellen, das Siebfasergewebe der Bastschichten bleiben größtentheils sehr dünnwandig. Doch kommen häufig Ausnahmen vor, in denen schon die einfache Zellwandung sich nahe bis zum Schwinden des Innenraums der Zelle verdickt. Das Mark von Taxodium, die Steinzellen der Birkenrinde und unedler Birnen, die Siebfasern von Camellia, Thea, die Oberhaut- und Collenchymzellen der meisten Pflanzen, die Zellen vieler Sämereien und Samenhüllen liefern Beispiele. Dahingegen bestehen alle Holzfasern, selbst die dünnwandigen des Weiden- und Pappelholzes, der Weymuthkiefer, mindestens aus zwei in einandergeschachtelten Zellwänden, von denen die äußere, die ich die Cambialwandung genannt habe, durch Resorption des größten Theils ihrer ursprünglichen Cellulosesubstanz auf eine sehr geringe Dicke reducirt ist. Ich komme darauf bei Betrachtung der zusammengesetzten Zellwandung zurück, nachdem ich die verschiedenen Arten der Durchbrechung einfacher Zellwände dargelegt habe.

Nicht überall im Verlaufe der Zellwandung schließen die Windungen des spiralig gerollten Astathebandes dicht aneinander. Mehr oder minder häufig, nach bestimmten, der Zellenart eigenen Stellungsgesetzen, treten verschieden große und verschieden geformte Lücken im Celluloseantheil der Wandung auf, die nur an der äußeren Grenze der Zellwand durch den häutigen Bestand derselben geschlossen, nach dem inneren Zellraume geöffnet und mit der inneren Zellhaut bekleidet sind, die sich von der inneren Wandungsgrenze aus in die Lücken fortsetzt, bis sie sich am Grunde der Lücke mit der äußeren Grenzhaut zu einer, wie es scheint, einfachen Haut vereint, die ich die Schließhaut der Lücke genannt habe.

wenn v. Mohl mir die Ansicht Mulder's zuschreibt, daß die inneren Celluloseschichten die älteren seien. Meiner Ansicht nach sind alle Schichtungslamellen ein und desselben Schichtungscomplexes gleichzeitiger Entstehung und nur in Bezug auf die ineinander geschachtelten Schichtungscomplexe zusammengesetzter Zellwände kann von einer Bildungsfolge die Rede sein, wo dann selbstverständlich die inneren stets die jüngeren sein müssen.

Nach der verschiedenen Größe, Form und Verlauf dieser Lücken unterscheiden wir:

a) die Tipfelbildung,
b) die Spiralfaserbildung.

a. Die Tipfel- und Tipfelkanalbildung.

Seite 202 habe ich gesagt, daß sehr wahrscheinlich nur die Zellhäute, nicht auch die Celluloseschichten der Zellwandung für Flüssigkeiten permeabel seien, daß daher zur Fortdauer des Säfteumlaufes in der Pflanze eine örtlich beschränkte Durchbrechung des Celluloseantheils der Zellwandung stattfinden müsse, in der die Wandungsdicke auf den häutigen Bestand derselben beschränkt bleibt. Jede Durchbrechung dieser Art, wenn sie nicht über den ganzen Umfang der Zelle ring- oder spiralförmig sich ausdehnt, heißt ein Tipfel.

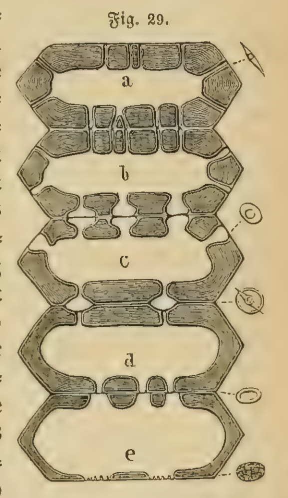


Fig. 29.

Die nebenstehenden Figuren geben Querschnitte der Zellwandung verschiedenartiger Zellen oder Fasern. Die äußere sowohl wie die innere Grenze der Wandung habe ich durch eine Doppellinie bezeichnet, um dadurch die aus den Ptychodehäuten entstandenen Zellhäute anzudeuten, die in der Wirklichkeit im Verhältniß zu den schraffirten Celluloseschichten allerdings viel dünner sind, als die Zeichnung darstellt. Die Celluloseschichten hingegen bestehen, wie die concentrische Schraffirung andeutet, aus einer großen Zahl zarter, dicht aneinander liegender Schichten, die überall, wo eine Durchbrechung der Wandung stattfindet, mehr oder weniger rechtwinklig auf die, auch diese Durchbrechungen bekleidende Zellhaut aufstoßen (s. die Figuren), eine Thatsache, die ebenso wie das verschiedene Verhalten der Zellhäute und Celluloseschichten zu chemischen Reagentien, der noch immer herrschenden Ansicht entgegensteht: es verdicke sich die, nur aus Celluloseschichten bestehende Zellwandung durch **freie** Ablagerung neuer Schichten auf die Innenfläche vorgebildeter Schichten. In diesem Fall müßten die Celluloseschichten bis zum Lumen des Tipfelkanals sich erstrecken, während in der That dieses eben so wie die äußere und innere Wandungsgrenze häutig bekleidet ist.

In den vorstehenden Figuren sehen wir die Zellwandung in verschiedener Weise kanalförmig durchbrochen. Man nennt diese Durchbrechungen **Tipfelkanäle**. Diese Kanäle verlaufen radial vom inneren Zellraume durch alle Celluloseschichten hindurch bis zur äußeren Zellhaut; die innere Zellhaut begrenzt auch sie, indem sie bis zur äußeren Zellhaut sich einstülpt und am äußeren Ende des Kanals mit letzterer zu einer, wie es scheint, **einfachen** Schließhaut verwachsen ist. Jeder Tipfelkanal einer jeden Zelle setzt sich in einen Tipfelkanal der Nachbarzelle fort; beide bleiben jedoch an ihrem äußeren Ende verschlossen durch die, aus den Zellhäuten bestehende Schließhaut.

Man denke sich zwei leere Handschuhe so gegenübergelegt, daß deren Fingerspitzen sich berühren, die correspondirenden Finger eine gerade Linie bilden; man denke sich zwischen die Fingerspitzen zwei Blättchen Papier eingeschoben, jederseits den Raum zwischen Papier und Handschuhleder mit einer dem Papier gleichläufig geschichteten Substanz erfüllt, so versinnlicht uns letztere die Celluloseschichten zweier nebeneinanderliegender Zellwandungen; die beiden unmittelbar sich berührenden Papierstreifen entsprechen der äußeren Zellhaut, das Leder des Handschuhs entspricht der inneren Zellhaut, die vom inneren Raum der Zelle (Handraum) in das Lumen des Tipfelkanals (Fingerraums) sich ohne Unterbrechung fortsetzt. Denkt man sich nun Papier und Leder von gleicher Substanz und diese zwischen den Fingerspitzen zu einer äußerst zarten Schließhaut verwachsen, so hat man ein getreues körperliches Bild der Zellwand und ihrer kanalförmigen Durchbrechungen, das man sich noch durch Fig. 28 vervollständigt, aus der hervorgeht, daß die Celluloseschichten ein spiralig aufgerolltes Band bilden, zwischen dessen, übrigens dicht schließenden Windungen die Tipfelkanäle von innen nach außen verlaufen.

Die Correspondenz der Tipfelkanäle benachbarter Zellwandungen, die häutige Auskleidung der Tipfelkanäle, die Thatsache selbst, daß die Tipfelkanäle frei von Celluloseablagerung bleiben, auch bei den höchsten Graden der Wandverdickung (Fig. 33 f), läßt sich nur durch die Annahme erklären, daß die Celluloseschichten zwischen den beiden Häuten des Ptychodeschlauchs, also im Ptychoderaume, sich bilden; daß schon vor der im Ptychoderaume eintretenden Cellulosebildung die beiden Häute des Ptychodeschlauchs an denjenigen Stellen untereinander zu einer Haut (Schließhaut) verwachsen, an denen später die Tipfelkanäle sich bilden, in Folge dessen die Cellulosebildung dann nur an denjenigen Stellen zwischen den beiden Ptychodehäuten stattfinden kann, die nicht mit einander verwachsen sind, so daß über den Verwachsungsflächen nothwendig ein cellulosefreier Kanal mit zunehmender Dicke der Celluloseschichten sich bilden muß.[1] Hiernach habe ich die Correspondenz der Tipfelkanäle benachbarter Zellwandungen aus einem, der Copulation der Spirogyren ähnlichen Vorgange erklärt, in der Annahme, daß schon in dem, noch mit Flüssigkeit erfüllten Ptychodeschlauche an denjenigen Stellen, an welchen die Häute desselben zu einer Schließhaut verwachsen, auch der Nachbarschlauch zu einer gleichen Verwachsung bestimmt werde.

[1] Auch diese Erklärung der Tipfelbildung, wie überhaupt die Bildung der Celluloseschichten zwischen zweien Schlauchhäuten, hat in die botanische Literatur bis jetzt noch keine Aufnahme gefunden. Die Entstehung des Tipfelkanals können die Vertheidiger der freien Celluloseablagerung nicht anders erklären als mit der Phrase: im Tipfelkanale werde die Ablagerung durch die Strömung des von Zelle zu Zelle übergehenden Safts verhindert. Es ist dieß ein würdiges Gegenstück zur freien Strömung des Ptychodesaftes im Zellsafte (Seite 165), da diese Erklärung doch nothwendig voraussetzt, daß, schon vor der Entstehung des Tipfelkanals im Zellsafte, eine Strömung von Zellsaft nach allen denjenigen Punkten der primitiven Zellwand hin stattfinden müßte, von denen später die Tipfelkanäle ausgehen. Wir hätten dann da, außer einer Strömung von Ptychodesaft im Zellsaft auch noch Zellsaftströme im Zellsafte selbst!! Ehe man solche aus der Luft gegriffene Hypothesen hinstellt, sollte man sich doch ein wenig in die physikalischen Verhältnisse des Problems hineinzudenken versuchen.

Wie Fig. 29 zeigt, sind die Tipfelkanäle nicht immer von gleicher Bildung. Die physiologische Bedeutung der hier vorkommenden Verschiedenheiten ist uns noch unbekannt; letztere sind aber für die Unterscheidung verschiedener Formen von Elementarorganen und dadurch für die Holzkenntniß von Wichtigkeit.

Ich unterscheide zunächst gleichförmige und ungleichförmige Tipfelung, je nachdem die, je zweien benachbarten Zellwänden angehörenden, correspondirenden Tipfelkanäle gleichgebildet (Fig. 29 a b e) oder ungleich sind (Fig. 29 c d).

Zur gleichförmigen Tipfelung gehören

1) die cylindrische, wo, wie in a, die Weite des Kanals überall dieselbe ist, wenigstens eine merkliche Erweiterung desselben nach außen nicht stattfindet. Es ist dieß die in Rinde- und Markzellen, in den dickwandigen ächten Bastfasern, in den einfachen Holzfasern und in den Zellfasern des Holzkörpers herrschende Tipfelung;

2) die stempelförmige Tipfelung, wo, wie unter b, der Tipfelkanal am Grunde sich stempelförmig erweitert. Es findet sich diese Bildung vorzugsweise bei den Uebergangsbildungen vom Spiralgefäß zur Holzröhre, seltener in dickwandigen Markzellen (Taxus);

3) die siebförmige Tipfelung (e), darin von allen andern Tipfelbildungen verschieden, daß bei ihr viele kleine Tipfelkanäle zu einem gemeinschaftlichen Tipfel vereint sind. Alle primitiven Organe der Bastschichten zeigen diese Bildung.

Zur ungleichförmigen Tipfelung gehören

4) die linsenräumige Tipfelung (c). Der Tipfelkanal erweitert sich nach außen zu einem linsenförmigen Raume, dessen äußere Hälfte über die Zellengrenze hinaustritt, während der correspondirende Tipfelkanal der Nachbarzelle cylindrisch auf den Mittelpunkt des Linsenraumes aufstößt. Daß der linsenräumige Tipfel einseitig geöffnet ist, erkennt man, wenn man nicht zu dünne Tangentalschnitte aus trockenem Kiefernholz, mit Terpentin benetzt, unter dem Mikroskop betrachtet. Das Oel dringt dann rasch in die durch den Schnitt geöffneten Holzfasern, während die nicht geöffneten Fasern mit Luft erfüllt und dadurch mit schwarzem Innenraum erscheinen, wie dieß die mittlere Faser der nebenstehenden Figur darstellt. Man sieht dann die Luft des Innenraums einseitig ununterbrochen in den Linsenraum verbreitet, während auf der entgegengesetzten Seite sie nur bis zum Ende des cylindrischen Kanals vordringt. Die Folgerungen hieraus sind sehr einfach und beweiskräftig. Hindert die Integrität der Zelle das Eindringen des Oels, so muß die Luftgrenze auch die Grenze des Innenraums sein. Wäre der Linsenraum auf beiden Seiten verschlossen, so müßte er in der großen Mehrzahl der Fälle die Luft bewahren, da immer nur wenige Linsenräume vom Schnitt getroffen werden, was keineswegs der Fall ist; wäre er gar nicht verschlossen, so könnten sich auch die nicht vom Schnitte getroffenen Zellen nicht so lange frei vom Oele halten.

Fig. 30.

Linsenräumige Tipfel charakterisiren sämmtliche Holzfasern aller Nadelhölzer, die weiträumigen Holzröhren der Laubhölzer und diejenigen Laubholz-

Holzfasern, welche im Vereine mit Holzröhren und Zellfasern die Röhrenbündel des Holzkörpers bilden.

5) Die gestufte Tipfelung (d) findet sich zwischen Holzröhren und den ihnen anliegenden Markstrahlzellen und unterscheidet sich dadurch, daß die Tipfel in der Röhrenwandung eine breitere Basis besitzen, als die correspondirenden Tipfel der anliegenden Zellwandung (z. B. Eichenholz). Auch die sehr breiten Markstrahltipfel der mittleren Stockwerke von Pinus gehören hierher (Naturgesch. der forstl. Culturpflanzen Taf. 34, Fig. 5). In nebenstehender Figur 31 sehen wir drei Tipfel der Kiefernholzfaser, wie solche da gebildet sind, wo sie den mittleren Stockwerken der Markstrahlen anliegen.

Fig. 31.

Alle diese verschiedenen Tipfelformen durchbrechen die Celluloseschichten der Zellwandung vollständig; die Wandungsdicke je zweier benachbarter Zellen ist dadurch örtlich bis auf deren häutigen Bestandtheil reducirt; dieser letztere, die Schließhaut zwischen je zwei correspondirenden Tipfelkanälen, scheint aber überall vorhanden und einer Resorbtion nicht unterworfen zu sein. Wo eine solche stattfindet (Zellen der Moosblätter, Querwände der Holzröhren), ist sie als solche auch leicht erkennbar. Jede einzelne Zelle ist daher trotz der Tipfel ein in sich völlig geschlossener Behälter, dem Eindringen fester Körper unzugänglich und die im Tipfelkanal auftretende Wandverdünnung hat wohl keinen anderen Zweck, als den der Säfteleitung von Zelle zu Zelle, wahrscheinlich unter der Annahme, daß nur die Zellhäute, nicht die Celluloseschichten für Flüssigkeiten permeabel sind, wie wir später sehen werden, unter Mitwirkung der auf Druck beruhenden Turgescenz des lebendigen Pflanzensafts. Diese Annahme findet eine wesentliche Stütze in der Thatsache, daß da, wo in der Zellwandung ein Ptychodeschlauch noch vorhanden ist, derselbe auch in die Tipfelkanäle eingeht und dort mit der Schließhaut der Zellwandung verwachsen erscheint.

b. Die Spiralfaserbildung.

Seite 205 habe ich gesagt, es entstehe die Tipfelbildung aus einer gegenseitigen Verwachsung der beiden Häute des Ptychodeschlauches zu einer, den künftigen Tipfelkanal nach außen abschließenden Schließhaut. Nicht selten erweitern sich die Tipfel im Umfange der Zellen so bedeutend, daß sie fast die ganze Breite derselben einnehmen (Vitis, Magnolia, Cereus etc.). Gehen wir noch einen Schritt weiter: denken wir uns den Tipfel um den ganzen Umfang der Zelle verlaufend und ringförmig in sich zurückkehrend, so muß zwischen den Schließhäuten übereinanderstehender Tipfel dieser Art die Wandverdickung durch Cellulosebildung eine ringförmige sein. Erfolgt die Verwachsung zur Schließhaut in einer oder in mehreren Spiralflächen, so muß auch die Cellulosebildung zwischen diesen Flächen eine spiralige Form annehmen. Daraus gehen die beiden Hauptformen einer Zellenbildung hervor, die man Spiral- und Ringgefäße genannt hat, während man unter Spiral- oder Ringfaser nur den verdickten Wandungstheil versteht.

Die Spiralfaser- oder Ringfaserzelle unterscheidet sich von der Tipfelzelle im Wesentlichen daher darin, daß die Schließhäute derselben weiter

und in eigenthümlicher Weise verbreitet sind. Zerreißt man einen an Spiralgefäßen reichen Pflanzentheil, z. B. den Blattstiel vom Wegerich (Plantago) durch Auseinanderziehen, dann werden anfänglich nur die Schließhäute zerrissen, die spiralig aufgerollten Wandverdickungen ziehen sich zu silberhellen Fäden aus, an denen, beim Nachlassen der zerrenden Kraft, die einfache Lupe recht gut die ursprüngliche Aufrollung noch zu erkennen gibt.

Fig. 32.

Die nebenstehende Figur 32 zeigt die beiden aneinanderliegenden Endstücke zweier Spiralgefäße, in die ich die wesentlichsten Verschiedenheiten der spiraligen Wandbildung eingetragen habe. Bei a sehen wir sehr breit gezogene Tipfel, deren ich oben erwähnt habe; bei c das Ringgefäß, dessen Ringe die, mitunter in einer abweichend schrägen Richtung gestellt (e), bisweilen nur in Bruchstücken vorhanden sind (Ringstückgefäß d), oft sehr dicht aneinanderstehen und bei den Nadelhölzern zugleich auch linsenräumig getipfelt sind (Pinus f). Sind die Ringe untereinander durch Arme verbunden, so entsteht daraus das Treppengefäß (b). Bei g sehen wir ein dicht gewundenes, bei h ein weitläufig gewundenes Spiralgefäß mit doppelter Spirale. Werden die Spiralfasern sehr breit, so entsteht daraus das bandförmige Spiralgefäß, das, wenn die Bänder dicht nebeneinander liegen, den Uebergang zum Astathebande der Holz- und Bastfaser[1] (Fig. 28) bildet. Durch die eingezeichneten Punktreihen habe ich das Vorhandensein der die Fasern verbindenden Schließhäute und zugleich deren feine Granulirung angedeutet, die sie mit den Häuten des Ptychodeschlauchs gemein haben und dadurch ebenfalls ihren Ursprung verrathen, während jede einzelne Celluloseschicht im unveränderten Zustande durchaus strukturlos erscheint.

In allen Stengeltheilen findet man die ächten Spiralgefäße nur zunächst dem Markzellgewebe, den sogenannten Markcylinder bildend. Von da aus begleiten sie die Faserbündel des Blattstiels und der Blattadern. In jedem jugendlichen Faserbündel sind sie stets die zuerst sich festigenden Zellen. Die, gegenüber den später sich entwickelnden Holzfasern und Holzröhren, größte Flächenausdehnung der Schließhäute deutet darauf hin, daß sie in dieser Frühperiode einem erhöhten Säfteaustausche dienstbar sind.

Nicht selten zeigt sich, vom Marke nach der Rinde hin, eine Reihenfolge in der Entwicklung vom Unvollkommeneren

[1] Wenn man der obigen Ansicht, daß der häutig begrenzte Raum zwischen den Windungen der Spiralfaser oder zwischen je zwei Ringfasern nichts anderes sei als ein erweiterter Tipfelraum, dasjenige zur Seite stellt, was ich Seite 203—205 über die Zusammensetzung der scheinbar geschlossenen Zellwand aus einem spiralig gerollten Astathebande gesagt habe, so dürfte die Ansicht Eingang finden: daß auch die geschlossene Cellulosewand der Holz- und Bastfaser eine Spiralfaserwandung sei; daß das Astätheband nichts weiter sei als eine sehr breite und so dicht gewundene Spiralfaser, daß deren Ränder sich berühren und bis auf die Tipfelspalte unter sich mehr oder weniger innig verschmelzen.

zum Vollkommeneren der Wandbildung der Art, daß die innersten, die Markzellen zunächst begrenzenden Fasern Ringstückgefäße sind, denen Ringgefäße, abrollbare Spiralgefäße, bandförmige Treppengefäße folgen, denen sich endlich die getipfelten Holzröhren anschließen. Daraus bildete sich die Lehre von der Metamorphose der Spiralgefäße, oft so aufgefaßt, als fände hier wirklich eine Umbildung statt, der zu Folge das Ringgefäß in ein Spiralgefäß, letzteres in ein Treppengefäß sich verwandle. Man ist sogar noch weiter gegangen, indem man noch heute die getipfelten Holzröhren dieser Entwicklungsreihe zugesellt, obgleich ich zeigte, daß sie von den Spiralgefäßen in der Bildung, im Verkommen, in der Funktion und in der Entstehungsweise durchaus verschiedene Organe seien. Aber auch in der Beschränkung auf die Wandungsverschiedenheiten der ächten Spiralgefäße des Markcylinders ist obige Ansicht entschieden unrichtig. Das Studium der Entwicklungsfolgen zeigt schon in den frühesten Zuständen die Anlage zu derjenigen Wandbildung, die später durch gesteigerte Verdickung nur schärfer ausgeprägt wird; das Ringstück bleibt stets Ringstück, das abrollbare Spiralgefäß bleibt stets abrollbares Spiralgefäß und selbst in den Entfernungen der Ringe und Spiralwindungen tritt keine andere Veränderung ein als die, welche das Wachsen des Organs mit sich bringt.

2. Die zusammengesetzte Zellwandung.

Wir haben bis daher gesehen, wie der durch Theilung vervielfältigte Ptychodeschlauch zur Zellwandung sich ausbildet, nachdem er in seinem Innenraume sich regenerirt hat (Seite 164—169, Fig. 16, 17). Die meisten Zellen der Rinde und des Markes, der Oberhaut (so lange diese als solche besteht) und des Collenchym, so wie des Siebfasergewebes verharren für immer auf dieser Entwicklungsstufe; die einfache Zellwand und der darin gelagerte Ptychodeschlauch bilden die bleibenden Bestandtheile der Zellen, deren Außenwände sich gegenseitig verkitten.

Zellen mit einfacher Wandung können durch bedeutende Wandverdickung hohe Grade der Härte und Festigkeit erreichen, wie dieß z. B. der Fall ist in der Rindeborke der Buche und der Birke, in den Früchten unedler Birnsorten, in vielen holzigen Samenhüllen rc.; in der Regel bleibt aber Zellgewebe dieser Art weich und krautig, es bildet nicht allein den weicheren, sondern auch die, durch Fäulniß (Maceration) leichter zerstörbaren Pflanzentheile und wird daher passend mit dem Namen „Pflanzenfleisch" belegt, im Gegensatze zu den im Allgemeinen festeren und dauerhafteren, dem Knochengerüst der Thiere vergleichbaren Faserbündeln des Holz- und des Bastkörpers der Pflanzen.

Diese größere Härte, Zusammenhangskraft und Dauer verdankt das Fasergewebe des Holzkörpers und der Bastfaserbündel einer weiteren Entwicklung der einzelnen Zellen, bestehend:

a) in der Bildung von Einschachtelungswänden,

b) in der Verkernung.

a) Die Bildung von Einschachtelungswänden beruht darauf, daß der secundäre Ptychodeschlauch im Innern der einfachen Zellwandung, wie vor ihm der primäre Ptychodeschlauch, zur Zellwandung sich

ausbildet, woher es dann kommt, daß in der fertigen Holzfaser der, im jugendlichen Zustande auch ihr nicht fehlende Ptychodeschlauch nicht mehr vorhanden ist.

Hierbei tritt nun der beachtenswerthe Umstand ein, daß die Entwicklung der secundären Zellwandung der Holzfaser auf Kosten der primären Zellwandung vor sich geht, so daß, wenn Erstere vollständig ausgebildet ist, Letztere auf die sehr geringe Dicke einer scheinbar homogenen Zwischensubstanz reducirt ist, die ich, zusammengenommen mit der verbindenden Kittmasse (Eustathe), in meinen früheren botanischen Schriften als Eustathe bezeichnete.

Fig. 33.

In der nebenstehenden Fig. 33 gebe ich die Entwicklungsgeschichte der Kiefernholzfaser in einer Aneinanderreihung von Querdurchschnitten, in denen ich, der Deutlichkeit wegen, im Verhältniß zur Faserweite die Wandungstheile dicker gezeichnet habe wie sie wirklich sind, ungefähr so, wie man sie durch Expansion vermittelst Schwefelsäure zur Ansicht erhält.

Fig. a zeigt die junge Holzfaser im Cambialzustande. Sechs prismatische, mit Luft erfüllte Intercellularräume in ihrem Umfange trennen sie von den Nachbarfasern, von denen nur ein Theil der Wandung in die Zeichnung aufgenommen ist. Ein linsenförmiger Tipfelraum ist schon jetzt vorhanden. Mit der häutigen Begrenzung des Linsenraumes verbunden, sehen wir im Innern der cambialen Zellwandung den Ptychodeschlauch mit Zellkern. Die Zelle b zeigt noch den von Säften und Körnern strotzenden Ptychodeschlauch, die Cambialwandung hat sich bereits verdünnt. Dieß ist der Zustand, in dem ich die Bildung des Astathebandes aus den unter sich verwachsenden Cellulosekörpern direkt beobachtet habe (Entwicklungsgesch. des Pflanzenkeims Taf. II. Fig. 45, 46). In c—f ist der Ptychodeschlauch verschwunden, d. h. er ist zur secundären Faserwandung umgewandelt, die primäre Zellwandung ist durch Reduction zu einer scheinbar homogenen Zwischensubstanz verdünnt, in der die in a und b deutlich erkennbaren, mittleren Trennungslinien nur noch an den comprimirten Intercellularräumen anatomisch nachweisbar sind. Der mit dem linsenförmigen Tipfelraume diesseitig in offener Verbindung stehende, in der Cambialwand verschwindend kurze Tipfelkanal hat sich in der secundären Zellwand fortgesetzt und eine der Dicke dieser entsprechende Länge erreicht.

Die Holzfasern der meisten unserer Holzpflanzen bleiben auf dieser Entwicklungsstufe stehen. Eine auf eine scheinbar homogene Zwischensubstanz reducirte Cambialwandung und eine mehr oder weniger mächtig entwickelte, secundäre Zellwand bilden deren Bestand, *dem Innenraume fehlt der Ptychodeschlauch*, der also für die Säfteleitung selbst nicht nothwendig ist, sich aber da vorhergehend regenerirt, wo eine Ablagerung von organisirten Reservestoffen stattfinden soll. Daß die secundäre Zellwandung

selbst in den Zustand des Ptychodeschlauches zurückschreiten könne, zeigen alljährlich die äußersten Holzfasern des Holzringes beim Beginn der Neubildungen.

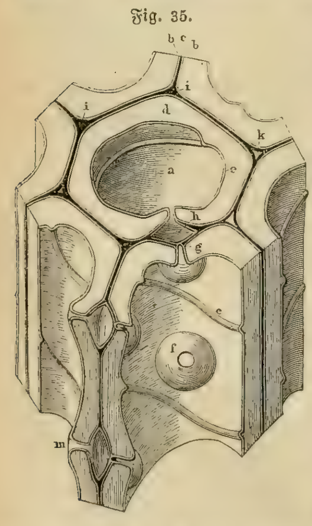
In einigen Fällen regenerirt sich der Ptychodeschlauch ein zweitesmal vor Bildung der zweiten Zellwand, er entwickelt sich zu einer dritten, der zweiten eingeschachtelten Zellwandung, z. B. in einzelnen Holzfasercomplexen von Populus nigra, serotina. In Bastfasern wiederholt sich dieser Vorgang noch öfter, so daß die Bastfaser des Palmenholzes oft aus 5—6 ineinander geschachtelten Zellwänden besteht, jede derselben aus vielen der sogenannten Ablagerungsschichten (Astathe-Lamellen) zusammengesetzt (Bot. Zeitg. 1855, Taf. IV., Fig. IX.).

Fig. 34.

Es ist bemerkenswerth, daß in jeder folgenden der eingeschachtelten Zellwandungen die Windungen des Astathebandes, denen der vorhergehenden Wandung entgegengesetzt sind. Daher stammt der in manchen Fällen doppelte, kreuzförmig gestellte, über die Tipfel verlaufende Spalt, der besonders in der Holzfaser von Pinus Strobus sehr deutlich hervortritt. (In nebenstehendem Holzschnitte die obere Figur a.)

Neben der Tipfelung, mitunter auch ohne diese, zeigt die secundäre Wandung vieler Holzfasern und Holzröhren eine leistenförmig hervortretende, spiralig oder ringförmig um den Innenraum der Zelle verlaufende Faltung, die nicht bis zur Außenhaut der Zellwandung vordringt, was bei den Spiralgefäßen des Markcylinders stets der Fall ist. In der nebenstehenden Fig. 34 gebe ich den Längendurchschnitt aus der Zellwand einer Holzröhre des Ahornblattstiels. Die Einfaltung der inneren Zellhaut dringt hier ungefähr bis zur Mitte der Wandungsdicke ein und zeigt von oben nach unten zunehmende Grade der Einschnürung. Noch schwächer ist die spiralige oder ringförmige Faltung an der Holzfaser von Taxus, von der ich in nebenstehender Fig. 35 die körperliche Darstellung eines kurzen Stückchens derselben gebe. a ist der Innenraum einer mittleren Faser, die von sechs Nachbarfasern umstellt ist, von welchen letzteren jedoch nur die angrenzenden Zellwandungstheile gezeichnet sind, so, als wären diese Nachbarfasern zur Hälfte durch Längenschnitte entfernt. e ist die innere Grenzhaut, b b sind die äußeren Grenzhäute der secundären Zellwandung, d ist der Celluloseantheil derselben (Astatheband). Die tiefschwarz gezeichnete Zwischensubstanz (c) bezeichnet die Ueberreste der primitiven Zellwandung (s. die Erklärung zu Fig. 33). f, g, h, m geben die verschiedenen Ansichten der linsenräumigen Tipfel (s. die Erklärung zu Fig. 29 c); k ist ein offener Intercellularraum, der bei i mit einem

Fig. 35.



Zwischenkitte erfüllt ist. An der inneren Grenze der Zellwandungen sehen wir spiralig verlaufende, leistenförmige Falten über die Oberfläche hervortreten (e e), deren Erhebung nicht mehr als $^1/_6$—$^1/_5$ der Cellulosewandungsdicke beträgt.

Eine noch zartere spiralige Faltung der Innenfläche zeigen die Breitfasern vieler Holzarten, z. B. Larix. Welches die physiologische Bedeutung dieser Bildungen sei, ist uns zur Zeit noch verborgen.

Bis zum höchsten Alter dient die schlauchlose Holzfaser mit zusammengesetzter Zellwand der Säfteleitung nach oben. An im Winter gehauenen Stöcken alter Bäume wird im Frühjahre zur Zeit des Saftsteigens das Kernholz meist früher naß als das Splintholz. Man darf daher nicht einmal sagen, daß letzteres der Säfteleitung mehr als ersteres dienstbar sei.

b) Die Kernholzfaser.

In allen ihren räumlichen Verhältnissen ist die Pflanzenzelle während weniger Tage, höchstens während weniger Wochen vollkommen ausgebildet. Prismatische Räume, Intercellulargänge genannt (Fig. 35 k), erhalten sich bis dahin offen, enthalten Luft und dienen als Ableitungsgänge für die von den thätigen Pflanzenzellen abgeschiedenen Gase und Dünste. Ist die Zellwandung vollendet, so wird ein, seiner Substanz nach unbekannter Stoff durch die Zellwandung hindurch abgeschieden, in die Intercellularräume und auf die Außenfläche der äußeren Grenzhaut abgelagert, woselbst er zu einer, die einzelnen Zellen verkittenden Masse erstarrt, die ich Holzkitt (Eustathe) genannt habe (Leben der Pflanzenzelle Taf. I., Fig. 45). Von da ab findet, mehrere Jahre hindurch, oder bis zum Lebensende der Zelle, eine Veränderung nicht statt, weder in Größezunahme noch in Wandverdickung, noch im Hinzukommen neuer Theile. Man nennt dieß den Splintzustand der Holzfaser. Nur die Faserzellen des Holzkörpers vieler Baumarten, nachdem sie eine längere oder kürzere Reihe von Jahren im Splintzustande unverändert verharrten, gehen dadurch in den Kernholzzustand über, daß sich in ihnen eine amorphe, schwarz, roth, braun, goldgelb, violettblau gefärbte, in hohem Grade indifferente Substanz ansammelt, die ich Xylochrom genannt habe. Sie füllt nicht allein die inneren Zellräume mehr oder weniger, beim Ebenholze z. B. oft gänzlich aus, sondern durchdringt auch die Zellwände selbst, diesen ihre Farbe mittheilend. Es schien mir sogar in mehreren Fällen, als wenn die Zellwände hierbei eine merkliche Verdickung erlitten, vielleicht durch Zwischenlagerung amorphen Xylochroms zwischen die einzelnen Schichtungslamellen des Astathebandes; meine Untersuchungen in dieser Richtung sind jedoch noch nicht abgeschlossen. Nur so viel vermag ich schon jetzt mit Sicherheit anzugeben, daß alle optischen, Gewichts- und technischen Verschiedenheiten zwischen Kern- und Splintholz vorzugsweise auf der Ansammlung von Xylochrom beruhen, dessen ohne Zweifel verschiedenartige chemische Zusammensetzung (ich erinnere nur an die Löslichkeit desselben in vielen Farbehölzern gegenüber der Unlöslichkeit im Ebenholze, Eichenholze 2c.) die Ursache der verschiedenen Dauer des Holzes sein mag.

So viel ich weiß, wird noch heute von den Botanikern die Kernholzfaser und mit ihr das Kernholz der Bäume als ein abgestorbener Körper

betrachtet. Keine Thatsache berechtigt hierzu. Alle Functionen der Splintfaser vollzieht auch die Kernfaser. Ich habe Buchenreibeln in einer Ringwunde nicht allein Rinde und Bast, sondern auch die ganze Splintlage hinwegnehmen lassen, ohne den geringsten Einfluß auf den Wuchs der überstehenden Baumtheile. In der glühendsten Sommerhitze blieb die Belaubung so kräftig wie die der unverletzten Nachbarbäume. Andere Funktionen als die der Säfteleitung nach oben hat aber auch die Splintfaser nicht. Die jährliche Erneuerung und Wiederauflösung des Stärkmehls der Markstrahlen und Zellfasern geht aus dem Splinte tief in das Kernholz hinein. Selbst die sogenannte „todte Rinde' alter Eichen oder Kiefern halte ich nicht für todt im gewöhnlichen Sinne des Wortes. Dem Baume entnommen und derselben Stelle wieder aufgekittet, verwittert sie in wenigen Jahren, während sie in ihrer natürlichen Verbindung mit den tieferen Bastschichten mehr als hundert Jahre hindurch den zerstörenden Einflüssen äußerer Agentien widersteht. Nur wenige Holzarten unter denen mit gefärbtem Kernholz sind es, bei denen die Kernholzfaser nicht säfteleitungsfähig ist; dahin gehören die Akazie, die Eiche, ich glaube auch die Rüster.

d. Wandlungen der Elementarorgane.

Viele aber bei weitem nicht alle Elementarorgane, aus denen der Pflanzenkörper sich aufbaut, verharren in ihrer ursprünglichen Form. Abgesehen von der bereits im Vorhergehenden betrachteten, verschiedenartigen Entwicklung ihrer Zellwandung zu Tipfel-, Spiral-, Ringformen treten noch eine Reihe anderweitiger Veränderungen örtlich hervor, die wir im Nachfolgenden betrachten wollen, ausgehend vom ersten Gegensatze zwischen Zellen und Fasern im Knospenwärzchen, da alle außer dem Knospenwärzchen entstehenden Fasern primitiver Bildung sind.

Zu den protomorphen, d. h. zu denjenigen Elementarorganen, die in derselben Form für immer verharren, in der sie ursprünglich sich bildeten, deren Veränderung sich auf verschiedene Grade des Wachsthums, der Wandverdickung, der Tipfel- oder Spiralbildung beschränken, gehören die meisten Mark- und Rindezellen, die Spiralgefäße des Markcylinders (Seite 206, Fig. 32), die Holzfaser (Fig. 41, 2), die Siebfaser (Fig. 41, 6) und alle in der Cambialschicht abgeschnürten, den Zuwachs bereits gebildeter Markstrahlen vermittelnder Markstrahlzellen. Alle übrigen Elementarorgane sind metamorphischer Natur, d. h. sie entstehen entweder aus Zellenwandlung oder aus Faserwandlung.

I. Die Zellenwandlung.

Wir sahen, wie das ursprünglich parenchymatische Zellgewebe des Embryo durch Zellenmehrung wachse (Seite 171), welches die Stellungsgesetze seien, nach denen es sich ordnet (Seite 174), wir lernten die Ausbildung jeder einzelnen Zelle kennen (Seite 165), und sahen bereits die Sonderung desselben in einen Mark- und in einen Rindekörper durch das Zwischentreten eines Kreises von Faserbündeln (Seite 177), und wollen nun nachfolgend diejenigen Veränderungen betrachten, die es im Verlauf seiner Fortbildung erleidet. Weit beschränkter als in der Rinde sind diese

α. Im Marke

der Holzpflanzen. Bei vielen derselben erleiden die Markzellen der Triebspitze keine andere Veränderung als daß, unter vollständiger Resorbtion der primären Zellwandung, der Ptychodeschlauch zu einer zweiten Zellwand sich ausbildet, ohne vorangegangene Regeneration seiner selbst. Auf diese Weise entsteht das inhaltlose, luftführende Markgewebe des Hollunder, der Eschen, Roßkastanien, Wallnußbäume ꝛc., in welchem durch fortdauernden Wuchs des Triebes nach bereits erloschener Mehrungsfähigkeit der Zellen, nicht selten große Lücken entstehen (Juglands, Rhus), die bei üppigem Wuchse mitunter auf das ganze Internodium sich erstrecken (Paulownia, Catalpa). In diesen Pflanzen läßt sich eine fortdauernde Funktion des Markgewebes nicht erkennen, wie dieß der Fall ist bei Fagus, Quercus, Alnus etc., woselbst auch im Marke älterer Baumtheile eine jährliche Ansammlung und Wiederauflösung von Reservestoffen (Stärkemehl) stattfindet. Bei einer geringen Zahl von Holzpflanzen verdicken sich die Wände der Markzellen bedeutend, in welchen Fällen auch die reducirte primäre Zellwand deutlich erkennbar ist (Beiträge, Fig. 12, f, g. Markzellen aus Taxodium).

In den meisten Fällen besteht das Mark nur aus parenchymatischem Zellgewebe, und nur bei wenigen Holzpflanzen gehen aus ihm durch Zellwandlung metamorphische Organe hervor, wohin z. B. die Schleimhälter im Marke der Linden gehören. Ueberall wo die grüne Rinde intercellulare Gefäße (Milchsaftgefäße) enthält, findet man solche auch im Markzellgewebe, so bei den Euphorbien und Mamillarien, und selbst wo die Rinde Milchsaftgefäße nicht enthält, finden sich solche mitunter im Marke (Robinia).

Man hat dem Marke früher eine weit größere Bedeutung unterlegt, als es in der Wirklichkeit besitzt. Wichtig ist es nur für die äußerste Triebspitze, da wo es mit dem Rindeparenchym noch confluirt und aus ihm alle Zellenmehrung hervorgeht. Die geringste Verletzung, der feinste Nadelstich in diesem Orte hebt die Fortbildung des Triebes in gerade aufsteigender Richtung unbedingt auf.

Ich kann nicht umhin, hier eines physiologisch sehr wichtigen Falles zu erwähnen, aus dem hervorgeht, wie weit die Möglichkeit einer Zellenwandlung gehe. Die Verletzung der Spitze eines üppig wachsenden Kiefertriebes hatte eine nach dem Marke hingerichtete Ueberwallung des Schnittrandes zur Folge gehabt und zwar der Art, daß der Holzkörper dieses Ueberwallungsrings, und nur dieser, tief in die Markröhre hinein sich verlängerte, als wenn man von einem Handschuhfinger die Spitze abschneidet, und die obere Hälfte desselben in die untere Hälfte hinein versenkt. Der Querschnitt des Triebes zeigt dadurch, bis auf 10 Centim. abwärts, einen kleineren zweiten Holzring im Innern des Markzellgewebes. Es versteht sich von selbst, daß hier von einem wirklichen Hineinwachsen des umgekippten Holzringes in die Markmasse nicht die Rede sein kann, daß vielmehr eine cylindrische Schicht vorgebildeter Markzellen, vom Ueberwallungsrande aus nach innen und abwärts, zu Holzfasern sich umgewandelt hatte. Ich bewahre diesen merkwürdigen Trieb in meiner Sammlung physiologischer Präparate.

β. In der Rinde

ist die Zellenwandlung nicht allein eine weit umfassendere, sondern auch eine allgemeinere als im Marke. Es gehen aus ihr die Oberhaut mit ihren Spaltdrüsen, Haaren, Drüsen, das Korkzellgewebe, das Leimgewebe, Terpentinhälter, Schleimhälter und die Milchsaftgefäße hervor, die wir nachfolgend näher betrachten wollen.

1. Die Oberhaut.

Schon im jugendlichsten Zustand des Embryo läßt sich eine, das Zellgewebe desselben umschließende Oberhaut nachweisen. Behandelt man denselben mit verdünnter Schwefelsäure, so contrahirt sich nach längerer Zeit das Zellgewebe und liegt dann in der abgelösten Oberhaut wie in einer Blase. Am Embryo der Nadelhölzer, der Esche und der Eiche bis zu den frühesten Zuständen desselben verfolgt, hat sich mir daraus die Ansicht gebildet, daß die Oberhaut nichts anderes sei als die Wandung der ersten Zelle, die im Umfange der in ihr sich mehrenden Tochterzellen fortwächst. (Seite 169, Fig. 17.)

In den frühesten Zuständen des Embryo ist diese äußere Hülle außerordentlich zart und scheinbar eine einfache Haut. Später verdickt sie sich oft bedeutend und zeigt sich dann nicht mehr einfach, sondern wie jede andere Zellwandung zusammengesetzt aus einer äußeren und einer inneren, zarten und granulirten Grenzhaut, zwischen denen eine geschichtete, der Cellulose verwandte Substanz den überwiegenden Theil der Wandungsdicke bildet. Die Analogie der Oberhaut und der Zellwandung geht aber noch weiter. Wo unter ihr die Spaltdrüsen entstehen, da reducirt sich im Bereiche des spindelförmigen Raumes zwischen je zwei Spaltdrüsen (siehe die nachfolgenden Figuren und deren Erläuterung) die Oberhautdicke auf deren häutigen Bestandtheil, so daß auch hier, wie am Grunde des Tipfelkanals, Schließhäute von geringer Dicke entstehen, die hier wie dort den Durchgang gas- und dunstförmiger Stoffe vermitteln.

Die Oberhaut hält sich nur bis zu einem gewissen Alter der jüngeren Pflanzentheile lebendig, im zweiten oder dritten Jahre der Stengeltheile unserer Holzpflanzen zerreißt sie und löst sich in Läppchen ab, nachdem in den zunächst ihr anliegenden Zellen das Korkzellgewebe entstanden ist, das von da ab in Bezug auf den Abschluß der Pflanze nach außen an ihre Stelle tritt.

2. Die Spaltdrüsen.

Im jugendlichsten Zustande des Embryo, am eben ausgeschiedenen Blatte wie in der äußersten Spitze des wachsenden Triebes, besteht die Rinde nur aus gleichgebildeten Zellen, deren äußerste Lage bekleidet ist mit der einfachen, nirgends durchbrochenen Oberhaut, die, wie ich Seite 169 erörtert habe, nichts anderes ist als die Wandung der ersten Zelle des Individuums, die in sich selbst fortwächst, ernährt von den ihr anliegenden parenchymatischen Zellen.

Hauptsächlich an den zu Blättern sich ausbildenden Pflanzentheilen, seltner auch an Theilen des Triebes, entwickeln sich die sogenannten „Spalt-

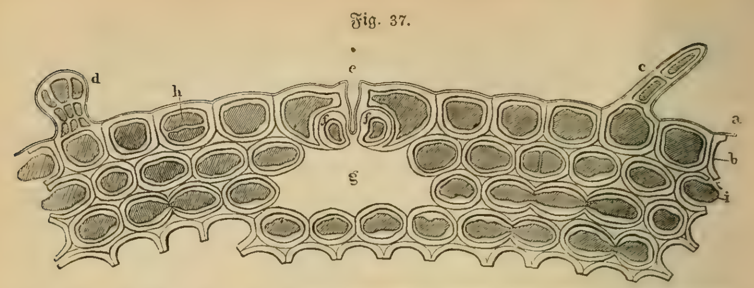
öffnungen" in nachfolgender Weise. Entweder eine jede der Oberhaut zunächst liegende Zelle (Muscari), oder nach gewissen Stellungsgesetzen nur ein Theil derselben, schnürt an einem ihrer Enden eine kleine Tochterzelle ab, die dann wieder einer Zweitheilung in der Richtung der Längenachse unterworfen ist, aus der die beiden Spaltdrüsen hervorgehen, die zwischen sich einen spindelförmigen Raum lassen, der jedoch nach außen fortdauernd von der, hier auf den häutigen Bestand reducirten Oberhaut verschlossen bleibt.

Die nebenstehende Figur 36 zeigt die Entwicklungsfolge der Spaltdrüsen aus der Basis junger Blätter von Muscari moschatum. In a sehen wir den Ptychodeschlauch mit großem wandständigen Zellkerne, der in b an das Ende der Zelle getreten ist und bereits die Spur einer eintretenden Zweitheilung erkennen läßt. In c ist diese Zellkerntheilung nicht allein schon vollendet, sondern es hat sich auch der Ptychodeschlauch, in der Seite 169 Fig. 17 dargestellten Weise, zu zwei Schläuchen abgeschnürt, von denen der kleinere, am Ende der Zellwand gelegene, in d e f aus dem Zellkerne sich verjüngt, während der abgeschnürte Schlauch unter f bereits zur Zellwandung umgebildet ist. Unter g h i sehen wir den Fortschritt einer erneuerten Zweitheilung des Zellkerns, gefolgt von der Abschnürung des Schlauches zu zwei symmetrischen Tochterzellen, deren Zellkerne über k und l die Doppelhäutigkeit des Schlauches durch Monophysalidebildung bewirken. Zwischen l und m ist dieser Schlauch zur Zellwandung zweier nierenförmiger Spaltzellen umgebildet, erfüllt mit Stärkmehlkörnern. Kocht und macerirt man die Oberhaut solcher Blätter, so lösen sich endlich die Spaltzellen aus ihrer seitlichen, der Oberhaut angehörenden, leistenförmigen Einfassung; man sieht dann wie zwischen m und n, den Umfang der gelösten Spaltdrüsen noch durch gekrümmte Schattenlinien angedeutet, aber nie und nirgends eine wirkliche Durchlöcherung der Oberhaut, die in andern Fällen sich beutelförmig zwischen den beiden Spaltdrüsen einstülpt.

Fig. 36.

Die nachstehende Zeichnung Fig. 37 zeigt bei e eine Spaltdrüse im Durchschnitte des Blattes und ihrer selbst. f f sind die beiden sich gegenüberstehenden, von der anliegenden großen Mutterzelle abgeschnürten, nierenförmigen Zellen, deren hier durch Parallelstriche angedeuteter Ptychodeschlauch reichlich Stärkmehlkügelchen enthält (Taf. I. Fig. 9—11); unter e vorstehender Figur sieht man die Einsenkung der Oberhaut zwischen die beiden Spaltdrüsen. Die unter der Spaltöffnung befindliche Lücke im Zellgewebe (g) heißt die Athemhöhle. Die Einsenkung unter e heißt der Vorhof. Letzterer ist nicht überall vorhanden, da die Spaltdrüsen in der Mehrzahl der Fälle höher liegen und sich der äußersten Zellschicht einordnen.

Fig. 37.



Die große Zahl, in der diese Organe auf den Blättern der meisten, höher gebildeten Pflanzen vorkommen, die große Uebereinstimmung im Baue derselben, die Lücke im Zellgewebe unter den Spaltdrüsen, sichert denselben ohne Zweifel die Anerkennung irgend einer übereinstimmenden, physiologischen Funktion. Das Haschen nach Analogien aus dem Thierreiche machte sie zu Organen des Aus- und Einathmens gasförmiger und dunstförmiger Stoffe, demgemäß ihnen dann auch ein periodisch wechselndes Oeffnen und Schließen des mittleren Spaltes zugeschrieben wurde, natürlich verbunden mit der Annahme eines unbehinderten, d. h. durch Oberhaut nicht verschlossenen Einganges ins Innere der Pflanze, ungefähr wie dieß Taf. I. Fig. a b darstellt, so daß eine hinreichend kleine Mücke nicht allein in die Athemhöhle, sondern von dieser auch in die Intercellularkanäle der Pflanze gelangen und spazieren fliegen könnte.

Indeß habe ich schon seit langer Zeit durch eine große Zahl von Experimenten nachgewiesen, nicht allein daß die Oberhaut ursprünglich vollkommen geschlossen sei, daß sie sich durch Behandlung mit geeigneten Reagentien schon vom Embryo in der Form einer geschlossenen, einfachen Hülle abheben lasse, sondern auch: daß diese Integrität sich bis in die spätesten Zeiten der lebendigen Oberhaut erhalte. Die meisten Mitarbeiter am Mikroskope haben hierauf gar keine Rücksicht genommen und lehren noch heute die alte Ansicht. Einige derselben haben zwar zugestanden, daß die Oberhaut ursprünglich nicht durchbrochen sei, sie nehmen aber an, daß mit dem Entstehen der Spaltdrüsen eine Resorbtion der über dem Spalte liegenden Oberhaut eintrete, ohne diesen Vorgang auch nur durch einen einzigen, direkten Nachweis zu belegen. Maceration von gekochten Blättern abgelöster Oberhaut zeigt aber so klar die Nichtexistenz von Löchern, ich habe theils in meiner Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen (Taf. 27, 28, 30, 31) und im Anhange zur Kupfererklärung des vierten Heftes, theils in der Bot. Zeitung 1853 S. 399 so viele Belege des Geschlossenseins der Oberhaut beigebracht, daß mir selbst auch nicht der geringste Zweifel hierüber geblieben ist.[1] Aber auch abgesehen von allen direkten Beobachtungen steht

[1] Meiner Auffassung hat sich bis jetzt nur Trecul angeschlossen. Ich lege darauf aber um so mehr Gewicht, als Trecul ohne Zweifel der thätigste und scharfsichtigste Phytotom unter den lebenden Mitarbeitern Frankreichs ist. Als ein Curiosum muß man es auffassen, wenn Trecul am Schlusse seiner Mittheilungen (Annales des sciences naturelles 1855) sagt: „Es scheine als habe Hartig das Richtige mehr errathen als beobachtet," da ich meine Ansichten überall mit den detaillirtesten Abbildungen bestimmter Fälle belegt habe. (Hyacinthus habe ich nirgends als Belegstück aufgeführt.)

die Annahme einer offenen Cummunication der innersten Pflanzentheile mit der äußeren Atmosphäre im Widerspruche zur Sorgfalt, mit der die Pflanze bei jeder, auch der kleinsten Verletzung, durch Korkzellenbildung sich abschließt gegen den freien Zutritt der äußeren Luft.

Meiner festen Ueberzeugung gemäß ist die Pflanze durch die, zwischen e und g Fig. 37 mehr oder weniger eingesenkte Oberhaut überall nach außen hin abgeschlossen, so lange nicht Korkzellgewebe an deren Stelle getreten ist. Ueber dem Spaltraume der Spaltdrüsen ist die Oberhaut jedoch sehr zarthäutig und ich habe die Ansicht ausgesprochen, daß, wenn sie selbst als Wandung der Urzelle betrachtet werden müsse, diese Stellen den Schließhautflächen im Grunde des Tipfelkanals jeder anderen Zelle enfsprechen und, wie diese für Gase und für gasförmige Flüssigkeiten durchlässig, zur Abgabe luft- und dunstförmiger Stoffe nach außen bestimmt seien. Mehr läßt sich zur Zeit über diese Organe nicht sagen, die, besonders an Nadelholzblättern sehr groß, schon der Beobachtung mit der einfachen Lupe zugänglich sind. Will man sie auf Laubholzblättern deutlich sehen, so muß man letztere so lange kochen bis die Oberhaut (mit den äußersten Zellenschichten) sich ablöst, man muß alsdann die abgelösten Häute mehrere Wochen in faulendem Wasser maceriren und die darauf ausgewaschenen Häute, auf einem Glastäfelchen ausgebreitet und gegen das Licht gehalten mit der Lupe betrachten; man wird dann erstaunen über die große Zahl derselben, die bis zu 600 auf die Quadratlinie steigt, wie über die Regelmäßigkeit ihrer Bildung und Anordnung.

3. Haare und Drüsen.

Wie die Zellfasern des Holzkörpers durch Bildung einer Reihe von Tochterzellen in sich selbst, so entstehen haarförmige Auswüchse der äußersten Zellenlagen durch nach außen fortgesetzte Tochterzellenbildung, theils aus einer einzelnen Mutterzelle (Taf. I. Fig. 14; Seite 218 Fig. 37 c), theils aus einer Mehrzahl nebeneinanderliegender Mutterzellen, die zu demselben Haare oder zu derselben Drüse zusammentreten. Haare nennt man diese Auswüchse, wenn an und in ihnen eine Secretion außergewöhnlicher Substanz nicht erkennbar ist; Drüsen nennt man sie, wenn dieß der Fall ist, wie z. B. die wachsabsondernden Drüsen des Birkenblattes, die Drüsenhaare des Nesselblattes. Die Stacheln an Trieben und Blattstielen der Rose, Akazie, an Xanthoxylon, Aralia, Grossularia etc. sind vielzellige, verholzte Haare, durch den Mangel von Faserbündeln unterschieden von den Dornen an Gleditschia, Cratægus, Prunus etc., so wie von den verkümmerten Dornblättern an Berberis. Die Haare sind in der Regel zugespitzt, die Drüsen in der Regel abgerundet (Fig. 37 d Seite 218).

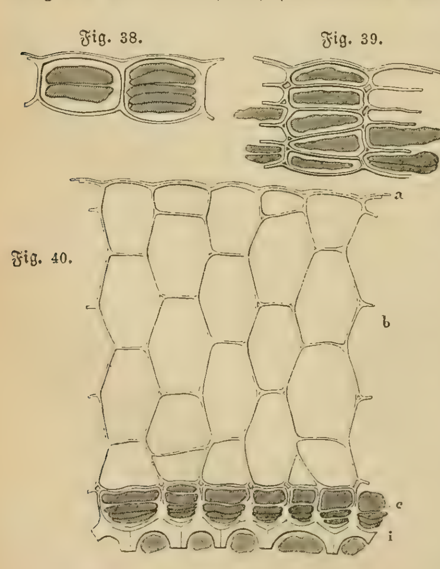
Haare bilden sich sowohl an oberirdischen als an unterirdischen Pflanzentheilen. Läßt man Wurzeln, die im Boden keine Haare treiben, in einer mit Wasserdunst gesättigten Luft wachsen, dann bilden sich an deren Oberfläche eine Menge langer Haare. Hier liegt die Bedeutung der Haare klar ausgesprochen vor uns. Die Pflanze erweitert durch die Behaarung ihre auffaugende Oberfläche um das Mehrfache, und ersetzt dadurch den Mangel einer, leichter in größeren Mengen aufnehmbaren, liquiden Feuchtigkeit. Ob

sich dieß auch auf die Behaarung der Blätter und Triebe anwenden lasse, ist mindestens sehr zweifelhaft geworden, seit Unger nachgewiesen hat und ich bestätigt habe, daß die Pflanzen Feuchtigkeit aus der Luft nicht aufnehmen. Auch sind die am meisten auf Luftfeuchtigkeit angewiesenen Cacteen, Euphorbien, Crassulaceen, meist haarlose Pflanzen. Ob die Behaarung mit der gesteigerten Aufnahme anderer atmosphärischer Nährstoffe in Beziehung stehe, läßt sich vermuthen, aber durch keine Thatsache beweisen. Die Triebe und Blätter mancher Holzpflanzen sind an jungen Pflanzen und Pflanzentheilen stark behaart, an alten Pflanzen hingegen unbehaart, z. B. Betula pubescens, excelsa.

Ebenso wenig kennen wir die Bedeutung der Drüsen. Allerdings kann man die von ihnen zum Theil ausgeschiedenen Stoffe Excrete nennen, allein daß diese Ausscheidung eine physiologische Nothwendigkeit sei, wie es die der Thiere ist, daß sie mit irgend einer der allgemeinen Lebensfunktionen in einem nothwendigen Zusammenhange stehe, dafür fehlt uns jede thatsächliche Stütze.

4. Das Korkgewebe.

Wenn die jungen Triebe der Holzpflanzen vollkommen ausgewachsen sind, oder vielmehr an denjenigen Theilen derselben, die eine bedeutende Vergrößerung in demselben Jahre nicht mehr erleiden, beginnt eine Spaltung des Ptychodeschlauchs der Oberhautzellen in tangentaler Richtung, wie dieß Fig. 37 in der Zelle h zeigt. Der innere der dadurch gebildeten Tochterschläuche ist darauf einer erneuten Theilung unterworfen, und dieß setzt sich einigemal in der unverletzten Oberhautzelle fort, stets durch Spaltung nur der innersten, permanenten Mutterzelle, während die nach außen abgeschnürten Tochterzellen einer fortgesetzten Theilung nicht mehr unterworfen sind; Fig. 38 mag dieß veranschaulichen. Diesem Vorgange folgt die Bildung einer Zellwandung im Umfange jedes Ptychodeschlauches, ganz in derselben Weise, die ich Seite 165 und 169 erörtert habe, worauf dann die zwischen den neu gebildeten Zellwänden liegende Zellwandung der Oberhautzelle resorbirt wird. Fig. 39 zeigt das, auf diese Weise entstandene, jugendliche Korkgewebe im Querschnitte des Triebes aus Viburnum lantana. Der primitive Ptychodeschlauch ist in eine primitive Zellwandung umgebildet, im Innern letzterer hat sich ein neuer Ptychodeschlauch gebildet.



Während dieser Vorgang an der innersten Grenze des entstandenen Korkgewebes sich fortsetzt (Fig. 40, c), verschwindet der secundäre Ptychodeschlauch in den älteren Korkzellen (das. b). Ich habe vergeblich nach Spuren einer Resorbtion desselben geforscht und muß annehmen, daß auch hier, trotz der sehr geringen Wandungsdicke, der secundäre Schlauch zu einer secundären Zellwand sich ausbildet, wahrscheinlich unter Resorbtion der primären Zellwand.

Auf diesem Wege entsteht, auf Kosten der Oberhautzellen, ein äußerst leichtes, mit Luft erfülltes Zellgewebe, das sich durch seine geringe Leitungsfähigkeit für Luft, Wasserdunst und Flüssigkeiten von jedem anderen Zellgewebe unterscheidet, und dadurch zu einem technisch wichtigen Material wird für den Verschluß von Gefäßen gegen Luft und Feuchtigkeitszutritt oder Abfluß.

Vom Zellgewebe der unterliegenden grünen Rinde unterscheidet sich das Korkgewebe auf den ersten Blick durch seine radiale Zellenordnung, die in ersterem eine peripherische, concentrische Reihen bildende ist (Fig. 37). Wie zwischen Holz- und Bastkörper, so werden auch hier, jedoch nur von einer permanenten Mutterzelle, sterile Tochterzellen nach außen in tangentaler Richtung abgeschnürt, es wiederholt sich im Korkgewebe die Zuwachsentwickelung des Bastkörpers, nur in anderen Zellenformen; es wiederholt sich der Zuwachsgang des Holzkörpers in anderer Zellenform und in entgegengesetzter Entwickelungsrichtung.

Das Korkgewebe entsteht stets auf Kosten der Oberhautzellen, und wenn ich Taf. I. Fig. 2 Korkgewebe l und Oberhautzellen m zugleich gezeichnet habe, so geschah dieß nur der Andeutung selbst wegen. Die Oberhaut hingegen (Fig. 35, 38 a) erhält sich auch nach der Bildung des Korkgewebes noch einige Zeit unverletzt, zerreißt aber früher oder später und löst sich dann in Fetzen von der Korkschicht ab, die besonders deutlich an den zweijährigen Trieben der Kirsch- und Pflaumenbäume, des Johannisbeerstrauchs, der Silberpappeln ꝛc. als silbergraue Häutchen schon dem unbewaffneten Auge erkennbar sind.

So viel ich weiß bilden alle mehrjährige Holzpflanzen Korkgewebe, aber nicht bei allen setzt sich diese Bildung auch in späterer Zeit fort. Da sind z. B. die Rothbuche und die Hainbuche, bei denen das Korkgewebe stets nur eine geringe Mächtigkeit erlangt, während bei der Korkeiche bis zum höchsten Alter, bei der Korkrüster, bei den Birken, Kirschbäumen, beim Schneeball 6, 10, 15 Jahre lang alljährlich neue, wie die Holz- und Bastlagen in sich geschlossene Jahresringe des Korkes nachwachsen, die auch dann sich reproduciren, wenn, wie dieß bei der Korkreiche geschieht, die Korkschichten periodisch hinweggenommen werden, wenn nur die der grünen Rinde zunächst liegende Korkbildungsschicht (Fig. 40, c) unverletzt dem Baume verbleibt.

Bei Thamus ist die Korkbildung Arteigenthümlichkeit. Auch bei Quercus Suber scheint dieß der Fall zu sein, wenigstens läßt sich dieß aus der Großartigkeit der Gewinnung des Korkes schließen. Das ist keineswegs der Fall bei den uns bekannteren Rüstern. Die Aussaat aller Arten liefert theils glattrindige Pflanzen, theils solche, die bis zu einem gewissen Alter regelmäßige, peripherische Korkringe bilden. Hier ist die Korkbildung daher entschieden nur eine individuelle Eigenthümlichkeit der

Pflanzen. Nur beim Wurzelstocke von Thamus, bei Betula, Cerasus, wahrscheinlich auch bei Suber darf man daher von einer Korkborke als Artcharakter sprechen.

Am längsten dauert die peripherische Korkschichtenbildung bei Betula pubescens, an deren 60 bis 80jährigen Stämmen die Rinde auch an den untersten Stammtheilen nur wenig aufreißt. Bei Betula verrucosa hingegen tritt schon mit dem 10. bis 12. Jahre an den unteren Stammtheilen eine stärkere Entwicklung der grünen Rinde ein, durch welche die weißen Korklagen zerrissen und getödtet werden. An die Stelle der Korkborke tritt dann eine tief gespaltene, harte und feste Rindeborke. In den höheren Baumtheilen erhält sich hingegen die weiße Korkborke bis zum höchsten Alter des Baumes.

Außer dieser peripherischen, tritt nun aber bei vielen Holzpflanzen noch eine eingreifende Korkbildung auf. Von den oberen Baumtheilen alter Kiefern, vom Stamme der Platanen ꝛc. lösen sich alljährlich Borkestücke von geringer Dicke ab. Diese scheibenförmigen Borkeplatten bestehen an den dünnen Rändern nur aus Korkzellen, der mittlere verdickte Theil hingegen besteht aus Siebfasergewebe, das beiderseits von Korkzellgewebe eingeschlossen ist, in letzterem, wie das Samenkorn der Ulme in seiner Flügelfrucht liegend. Untersucht man auf Querschnitten die tiefere Stammborke der alten Kiefer, so findet man diese aus eben solchen scheibenförmigen Körpern zusammengesetzt, so weit die Bastschichten braun geworden, außer Funktion getreten, relativ abgestorben sind. Der Unterschied besteht nur darin, daß sie hier in ihrem Zusammenhange verharren, während sie sich in den oberen Baumtheilen periodisch ablösen, so daß dort, selbst bei böherem Alter des Astes, die Borke nie so dick wird als an den unteren Baumtheilen. Verfolgt man die Sache mit dem Mikroskope, so zeigt es sich, daß die Borke selbst nur aus Siebfaserschichten besteht, daß die grüne Rinde und was außerhalb derselben bestand, längst abgestorben und abgestoßen wurden,[1] daß aber, von außen nach innen fortschreitend zwischen den Faserschichten Korkzellenlagen entstanden sind, ohne Zweifel durch Umwandlung vorgebildeter Fasern in Korkzellen, stets auf der Grenze zwischen fungirendem und außer Funktion gesetztem Siebfasergewebe. Diese Zwischenbildung von Korkzellschichten geschieht, ganz außer Uebereinstimmung mit dem Alter und dem Verlauf der Bastlagen, ältere und jüngere Bastlagen durchstreichend, ungefähr so, als wenn man von einem cylindrischen Butterstücke vermittelst eines Eßlöffels kleine Scheiben in Meniskenform von außen nach innen abschneidet und zwischen diesen Menisken, nachdem sie wieder in die ursprüngliche Lage versetzt wurden, eine Korkzellschicht sich gelagert denkt, deren jede in ihrer mittleren Fläche zu zwei, mit den eingeschlossenen Menisken in Verbindung bleibende Schichten zerfällt, wenn

[1] Die Rinde der Weymouthkiefer bleibt bis zum 15. bis 18. Jahre grün gefärbt und mit der Oberhaut bekleidet; dann zeigen sich blutrothe Flecke, die sich allmählig vergrößern und endlich zusammenfließen. Dieß rührt daher, daß in diesem Alter das grüne Rindezellgewebe unter den Korkschichten resorbirt wird, worauf die äußersten roth gefärbten Bastschichten mit den Korkzellen in Berührung treten und ihre rothe Farbe durchscheinen lassen. Es ist dieses die großartigste aller mir bekannten Resorbtionserscheinungen.

und wo ein solcher Meniskus von der Borke sich ablöst, wie dieß bei den Platanen alljährlich der Fall ist, während in der Faserborke der Eichen, Eschen, Linden ꝛc. die Menisken in ihrem Zusammenhange bleiben. Selbstverständlich fehlt allen rindeborkigen Holzarten (Rothbuche, Hainbuche, alte Birkenrinde) die Meniskenabschnürung, sie findet sich aber auch nicht bei allen faserborkigen Holzarten, z. B. nicht bei Pappeln und Weiden. Bemerkenswerth ist es, daß, während bei allen übrigen Eichenarten Kork und Rinde sehr bald verloren gehen und durch die Faserborke ersetzt werden, die Entwickelung der Bastlagen bei der Korkeiche eine ungewöhnlich schwache und träge ist, woher es kommt, daß hier die grüne Rinde und mit ihr die Korkbildungsschicht sich lebendig erhalten.

5. Lenticellen.

Eine sehr verbreitete Eigenschaft des Korkzellgewebes ist die aus ihm hervorgehende Lenticellenbildung. Besonders groß, und schon dem unbewaffneten Auge erkennbar, sieht man an den jungen Trieben der Eschen, Rothbuchen, Erlen ꝛc. ovale, etwas hervortretende, in der Mitte der Länge nach gespaltene, drüsenähnliche Flecke, von denen man glaubt, daß sie eine Durchbrechung des Korkzellgewebes seien, um der Luft den unmittelbaren Zutritt zum Rindezellgewebe zu erhalten, nachdem derselbe, durch den Verlust der Oberhaut und mit ihr der „Spaltöffnungen", abgeschlossen sein würde. Allein ich habe bereits in meiner Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen S. 305 Fig. 1 und 2 nachgewiesen, daß die Lenticelle keine vollkommene Durchbrechung der Korkschichten mit sich führt, sondern nur eine Verdünnung der Schichten veranlaßt, indem mitten in den Korkschichten eine große Zahl pilzähnlicher Zellchen entstehen, deren Vermehrung und Wachsthum die überliegende Korkschichthälfte zum Platzen bringt, während die unterliegende Hälfte an ihrer Unterseite sich fortdauernd durch Zuwachs verdickt und ergänzt, bis in der Richtung desselben Radius eine neue Zellchenbildung den ersten Vorgang wiederholt. Diese auf derselben Stelle sich oft 6 bis 8mal wiederholende Zerreißung der oberen Korkschichthälfte durch freie Zellchenbildung, die sonst in der ganzen Pflanze nicht weiter vorkommt, die Aehnlichkeit dieser locker nebeneinanderliegenden, grünen Zellchen mit manchen einzelligen Luftalgen, ist allerdings ein sehr merkwürdiger Vorgang. Die untere Korkschichthälfte, von deren Bildungsschicht aus sich regenerirend, versenkt sich beutelförmig oft tief in das Rindezellgewebe, allein eine völlige Durchbrechung der Korkschichten findet hierbei nie statt. Auch dieß ist ein Gegenstand, von dem wir sagen müssen: daß wir ihn zur Zeit noch nicht verstehen. Es ist das besser als der Aufbau unsicherer Hypothesen auf flüchtige und ungenaue Beobachtungen. Die an Stecklingen der Pappeln, Weiden, Erlen sich bildenden Wurzeln, wählen sehr häufig die Lenticellen zum Ausgangspunkte, in welchem Falle dann allerdings eine Durchbrechung der Korkschichten eintritt.

Im Schwammkork der Korkeiche, Korkrüster, des Schneeball, Maßholder, Liquidambar erlischt die Fortbildung der Lenticellen schon sehr früh; im Blätterkorke der Birken und Kirschbäume hingegen setzt sie sich durch viele Jahreslagen des Korkes fort, gleichzeitig in den älteren äußeren Korklagen

an Ausdehnung gewinnend, wie dieß besonders der weiße Birkenkork zu erkennen gibt, in dessen sich ablösenden Bändern die gelbbraunen, in der Peripherie des Stammes verlängerten Streifen, nichts anderes als vergrößerte Lenticellen sind.

6. Blattnarbekork.

Es können sich Korkzellschichten auch im Holzkörper bilden. Dieß geschieht regelmäßig, quer durch den ganzen Pflanzentheil hindurch, da, wo bald darauf der obere Pflanzentheil abgeworfen werden soll, in der Querfläche aller späteren Blattnarben, in der der Endknospennarben der Linde (Ptelea, Ailanthus etc.). Korkbildung ist ferner ein treuer Begleiter jeder Ueberwallungserscheinung. Wer diese verfolgt, der wird bald die Ueberzeugung gewinnen, daß die physiologische Bedeutung derselben keine andere sei, als die eines luft- und wasserdichten Abschlusses verletzter, abgestorbener oder außer Funktion getretener Pflanzentheile nach außen. Was der Kork für die Flasche ist, das ist er auch für die Pflanze, der Ueberwallungskork, das Blattkissen, die Korkmenisken der Borke, die unfehlbar eintretende Substituirung des Korkes vor erfolgendem Oberhautverluste deuten sämmtlich darauf hin.

7. Das Leimgewebe (Collenchyma).

Zwischen dem Korkzellgewebe und der dünnwandigen grünen Rinde lagert bei den meisten Holzpflanzen eine mehr oder weniger breite Zellenschicht mit sehr dickwandigen Zellen (Taf. I. Fig. 2. k l), deren Anordnung die des grünen Rindeparenchyms ist. Die äußere Grenze dieser Zellwände ist so zarthäutig, daß wenn man nicht mit geeigneten Reagentien arbeitet, dieselbe der Beobachtung leicht entgeht, so daß es scheint, als seien die entfernt von einander gelagerten Ptychodeschläuche in eine gemeinschaftliche „sulzige Masse" gebettet. Das was ich später als Ptychodeschlauch beschrieb, betrachtete man hier als die vollständige Zelle selbst, und hielt jene, die Zellen umgebende „sulzige Masse" für eine denselben gemeinschaftliche „Intercellularsubstanz". So noch Mohl. Allein ich habe nachgewiesen, daß letztere Zellwandung sei, daß, wie überall, so auch hier eine zarte Grenzhaut vorhanden sei (Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen Taf. 45 (37), Fig 3, 4), die in einigen Fällen allerdings auch der sorgfältigsten Untersuchung sich entzieht. Mit jenen Berichtigungen fällt dann die diesem Zellgewebe, so wie jener vermeintlichen Intercellularsubstanz früher unterlegte besondere Bedeutung. Ein Unterschied des Collenchym vom Zellgewebe der grünen Rinde liegt allein in der größeren Wandungsdicke, die vielleicht zur Korkzellenbildung in Beziehung steht.

8. Die grüne Rinde[1] (Parenchyma im engern Sinne).

Ohne scharfe Begrenzung, unter allmähliger Verringerung der Wandungsdicke geht das Collenchym auf seiner Innengrenze allmählig in das dünnwandige Rindezellgewebe über, dessen concentrisch geordnete Reihen unter

[1] Obgleich das Zellgewebe derselben nicht zu den metamorphischen Elementarorganen gehört, will ich dennoch dessen Betrachtung hier einschalten, des Zusammenhangs wegen mit Vor- und Nachstehendem.

sich im Verbande liegen. (Taf. I. Fig. 2, i, k). Dieß Zellgewebe, das Siebfasergewebe und in manchen Holzpflanzen auch das Markgewebe sind die einzigen Organe, in denen der Ptychodeschlauch bleibend ist. In der Rindeborke der Rothbuche z. B. erreicht er ein mehr als hundertjähriges Alter, in Zellkern, Chlorophyll, Amylon alljährlich neue Reservestoffe für die nächste Vegetationsperiode bildend. Nur insofern die Ptychodeschläuche dieses Zellgewebes sich fortdauernd zu Tochterzellen theilen, damit das Rindegewebe dem vergrößerten Umfange des Holz- und Bastkörpers entsprechend sich selbst vergrößere, kann man von einer Verjüngung auch der Ptychodeschläuche sprechen. Unvollständige Abschnürung zu Tochterzellen kommen hier nicht selten vor. Ich habe einige Fälle dieser Art Seite 218, Fig. 37 gezeichnet.

Das Rindegewebe enthält in den oberirdischen Baumtheilen vorherrschend Chlorophyll, in den unterirdischen Baumtheilen hingegen Stärkmehl, dessen alljährliche Ansammlung und Wiederauflösung der Rinde den Charakter eines Magazins für Reservestoffe ertheilt. In den jüngeren Trieben des aufsteigenden Stockes geht auch das Chlorophyll bei gewissen Pflanzen periodisch in Stärkmehl und Klebermehl über; allgemeiner ist dieß der Fall in der Rinde älterer Triebe. In wie weit auch das wie es scheint permanente Chlorophyll der jungen Triebe als Reservestoff betrachtet werden dürfe, vermag ich zur Zeit noch nicht anzugeben.

Bei den fleischigen, blattlosen Cacteen, Euphorbien, Apocyneen erfüllt die grüne Rinde des Stammes unzweifelhaft die Funktion der Blätter in Assimilation der rohen Nahrungsstoffe. Das wird man auch annehmen müssen für mehrere Sträucher, selbst Bäume, denen wie den Gattungen Ephedra, Gnetum, Casuarina eine Belaubung im engeren Sinne fehlt; man wird es ausdehnen können auf einige andere Pflanzen, an denen, wie bei einigen Arten der Gattungen Spartium, Genista, Ulex die Belaubung im Verhältniß zum Zuwachse eine sehr geringe ist. Daß auch die jungen Triebe Feuchtigkeit verdunsten, davon habe ich mich dadurch überzeugt, daß ich oberhalb geschlossene Glascylinder über jungen Trieben befestigte, denen ich mehrere Wochen vorher ihre Belaubung genommen hatte. In den frühen Morgenstunden zeigte sich die Innenfläche der Gläser mit Wasser reichlich beschlagen. Dadurch wird es dann wahrscheinlich, daß der Rinde, *so lange diese dem Lichte in höherem Grade zugänglich ist*, die assimilirende Funktion der Blätter zuständig sei. Daß hierbei die tieferen Baumtheile nicht betheiligt sind, geht aus dem einfachen Umstande hervor, daß bei der großen Mehrzahl aller Holzpflanzen die Rinde mit allen über ihr liegenden Organschichten schon früh gänzlich verloren geht, relativ abgestorbene Bastlagen die Außenfläche des Stammes bilden. Ueber die hierbei stattfindenden Resorbtionserscheinungen habe ich schon gesprochen.

Die physiologische Bedeutung des Zellgewebes der grünen Rinde liegt daher vorzugsweise in den jüngsten Theilen der noch wachsenden Triebe. Das Rindegewebe vertritt hier die Stelle des Zellgewebes der Blätter, die an den krautigen Triebspitzen noch wenig entwickelt sind. Es ist dieß nothwendig zur Förderung des Längenwuchses derjenigen Triebe, für deren Zuwachs die Summe der aufgespeicherten Reservestoffe nicht ausreicht, da die Rohstoffe der Ernährung nur in den dem Lichte zugänglichen Pflanzentheilen zu

Bildungssäften umgewandelt werden können und da, wie ich später durch eine Reihe von Beobachtungen nachweisen werde, primäre Bildungssäfte aus tieferen in höhere Baumtheile nicht aufsteigen können.

Wo die Rinde bis zum höheren Alter der Baumtheile sich lebendig erhält, da wird sie, ebenso wie die Bastlagen der Eiche, Kiefer ꝛc. durch intermediäre Korkschichtenbildung zu Meniskenscheiben abgeschnürt. Aus Zellborke dieser Art besteht die oft mehrere Zoll dicke, braune, rissige Borke am Fuße alter Stämme von B. verrucosa, in deren zelligem Theile einzelne Zellencomplexe eine bedeutende Wandverdickung erleiden und das bilden, was ich Steinzellen-Nester genannt habe. Die harten, weißlichen Körper in der Birken-, Buchen-, Hainbuchenrinde stammen daher, mit dem Unterschiede jedoch, daß bei letzterer die Entwickelung der Rinde eine sehr geringe ist, und von den Korkschichten aus eine Meniskenabschnürung nicht stattfindet.

Bei der großen Mehrzahl der Holzpflanzen stirbt mit der Oberhaut, mit den peripherischen Korkschichten und dem Collenchym die grüne Rinde schon früh. Die Borke besteht dann nur aus den ältesten Bastlagen, z. B. Quercus, Fraxinus, Populus, Pinus, Larix etc.

9. Lebenssaftgefäße.

Auch in der grünen Rinde entwickeln sich verschiedenartige, metamorphische Elementarorgane, die sich eintheilen lassen in cellulare und utriculare. Erstere gehen aus vorgebildeten Rindezellen hervor; für Letztere — die Lebenssaftgefäße — läßt sich dieß zur Zeit noch nicht mit Sicherheit behaupten. Es sind dieß, nur wenigen Pflanzengruppen zuständige, unter sich und nach der Oberhaut zu verästelte, durch Verwachsungen unter sich communicirende Elementarorgane (Seite 228, Fig. 41, 10), deren Ptychodeschlauch einen dickflüssigen, theils ungefärbten, theils gefärbten Saft enthält, dessen trockener Rückstand das Kautschuk (Gummi elasticum) ist. Zuerst in meinen Jahresberichten 1837 habe ich gezeigt, daß der Milchsaft der Euphorbien nicht allein eine Menge Zellkerne, sondern auch eigenthümlich geformte Mehlkörner enthält (daselbst Taf. I., Fig. 17—20); in meiner Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims habe ich dem einige neueste Beobachtungen hinzugefügt, betreffend den Inhalt des Milchsafts von Pastinaca, Heracleum etc., aus denen meine Ansicht sich mehr und mehr bestätigt, daß wir es hier mit wahren Ptychodesäften zu thun haben, die, wie überall so auch hier, einer strömenden Ortsveränderung innerhalb desselben, hier durch Verschmelzungen sehr vergrößerten Elementarorgans unterworfen sind. Indeß interessiren uns diese Organe hier wenig, da sie bei keiner unserer forstlichen Kulturpflanzen vorkommen, denn die Milchsäfte einiger Ahornarten sind nicht in Lebenssaftgefäßen, sondern in den hier ausnahmsweise unter sich verästelten Siebröhren des Bastes enthalten (Seite 228, Fig. 14, 5).

10. Terpentin- und Schleimhälter.

Zu den cellularen, metamorphischen Organen der Rinde gehören endlich die von vielen, concentrisch geordneten Zellen begrenzten Terpentin-

hälter der Nadelhölzer, auf Querschnitten junger Triebe schon dem unbewaffneten Auge erkennbar, ferner die Schleimzellen und Schleimhälter der Linden-, Ulmen-, Tannen-Rinde.

II. Die Faserwandlung.

Wir sahen, daß die Holzpflanze in ihrem jugendlichsten Zustande nur aus parenchymatischem Zellgewebe bestehe; daß aus einem Theile dieses Zellgewebes durch diagonale Abschnürung das Fasergewebe entstehe, in seiner bündelweisen Gruppirung das ursprüngliche Zellgewebe in Mark und Rinde trennend. Dieß Fasergewebe besteht ursprünglich aus gleichgebildeten, langstreckigen Faserzellen in der Seite 174, Fig. 19 c dargestellten Form, nicht allein im entstehenden Faserbündel des Pflanzenkeims und in dessen im Zellgewebe des Knospenwärzchens auf- und absteigenden, jüngsten Längenzuwachs, sondern ebenso auch in den, den Dickezuwachs älterer Faserbündel vermittelnden, sogenannten Cambialschichten, wie uns dieß Seite 177, Fig. 22, 23 zeigt, wobei die in der Bildungsschicht $\frac{h}{b}$ dargestellte Gleichförmigkeit der Querschnittflächen aller Fasern sich auch in jeder anderen Hinsicht zu erkennen gibt. Alle die später so sehr verschiedenartig gestalteten Elementarorgane des Holz- und des Bastkörpers sind anfänglich gleichgebildete, einfache Faserzellen. Viele derselben verharren auch später in dieser ursprünglichen Form und verändern sich nur durch Vergrößerung, durch Verdickung ihrer Wandungen und durch die verschiedenartige Ausbildung zur Tipfel- oder Spiralfaser, wie ich dieß Seite 203—208 in den Figuren 28—35 darstellte.

Aber nicht alle Organe des Fasergewebes behalten ihre einfache, ursprüngliche Form und Bildung. Theils durch Verschmelzung einer Mehrzahl derselben zu einem und demselben zusammengesetzten Organe (Holz- und Siebröhren, Milchsaftgefäße), theils durch Zertheilung ursprünglicher Faserzellen in eine Mehrzahl anderer Organe (Holzparenchym, secundäre Markstrahlen), theils durch Zellenbildung im Innern ursprünglicher Faserzellen (Zellfasern) entstehen verschiedene Formen metamorphischer Elementarorgane, die wir in Nachfolgendem näher betrachten wollen.

α. Elementarorgane aus Verwachsung mehrerer Faserzellen.

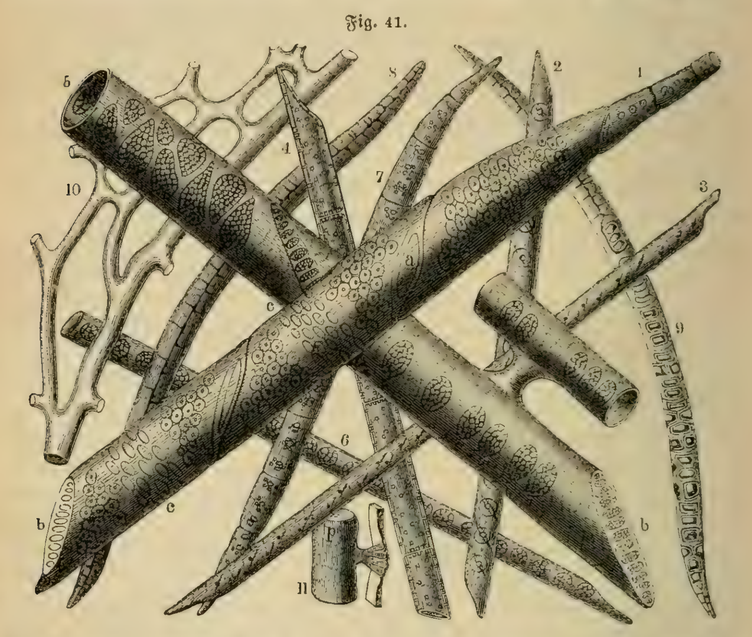
1) Holz- und Siebröhren (Gliedröhren).

Werfen wir zuerst einen Blick auf Seite 177, Fig. 22, so sehen wir über und unter $\frac{h}{b}$ an dem Orte, von dem alle Neubildungen des Dickezuwachses von einem Paare permanenter Mutterzellen ausgehen, deren durch Abschnürung gebildete Tochterzellen zu jeder Zeit und ohne Ausnahme gleich geformt und gleich gebildet. Erst in einiger Entfernung von $\frac{h}{b}$, also in den älteren Faserschichten, sehen wir einzelne, sowohl in Größe als Form veränderte Querschnittflächen (dd). Auf der Holzseite (h—f) sind dieß die Durchschnitte junger Holzröhren, auf der Bastseite (b—f) sind es die Durchschnitte junger Siebröhren.

Die nachstehende Figur 41 zeigt bei 1 ein Stück einer Holzröhre, bei

5 ein Stück einer Siebröhre im ausgebildeten Zustande. Es sind dieß diejenigen weiträumigen Organe, welche man auf Querschnitten des Eichenholzes schon mit unbewaffnetem Auge als runde Löcher erkennen kann, die den Längsschnitten des Eichen-, Eschen-, Rüsternholzes das gefurchte Ansehen geben. Sie kommen nur in den Laubhölzern, nie in Nadelhölzern vor (Ephedra ist entschieden Laubholz) und bestehen aus einer großen Zahl kurzer dicker Glieder, die mit ihren meist mehr oder weniger schrägen Endflächen untereinander verwachsen sind (die Holzröhre Fig. 1 zeigt drei größere

Fig. 41.



Mittelglieder und drei kleinere Endglieder, die Siebröhre Fig. 5 zeigt nur 2 Mittelglieder) und dadurch eine gemeinschaftliche Röhre bilden, daß die Querscheidewände im Innern der Röhre entweder durch e i n e große Pore einfach (1 a) oder durch v i e l e längliche Poren leiterförmig (1 b) durchbrochen sind. In den Holzröhren ist die Tipfelung eine linsenräumige, und nur da, wo Markstrahlen an den Holzröhren vorbei streichen, ist sie eine gestufte (c). An den Siebröhren hingegen (Fig. 5) ist die Tipfelung überall eine siebförmige, sowohl an den Seitenwänden als an den oft sehr schrägen Querscheidewänden der einzelnen Röhrenglieder. Bei den Ahornen sind die benachbarten Siebröhren durch Queräste untereinander verbunden (Fig. 5); bei anderen Holzarten habe ich diese Verbindung nicht auffinden können.

Die Siebröhren enthalten stets einen Ptychodeschlauch, der, da wo er einem Siebtipfel anliegt, an eben so vielen Einzelstellen ihm adhärirt, als der componirte Tipfel äußerlich Untertipfel erkennen läßt. Der ideale Durchschnitt eines solchen Tipfels Fig. 11 zeigt die mehrarmigen Anheftungsstellen des contrahirten Ptychodeschlauches p. Der ausgebildeten Holzröhre

hingegen fehlt der Ptychodeschlauch. Wie in der Holzfaser, so ist er auch hier in eine secundäre Zellwand umgewandelt, die sehr häufig neben der Tipfelung auch spiralförmig gestaltet ist.

Jedes einzelne Glied der Holz- und Siebröhren entsteht nun aus einer Mehrzahl unter einander verwachsender Faserzellen, unter gleichzeitiger Resorbtion der Zwischenwände jeder einzelnen Faserzelle. Es liegt mir hierfür ein sehr vollständiges Material der Beweisführung vor. Einen Theil desselben habe ich in der Bot. Zeitung 1854, S. 57, Taf. I. Fig. 1—25 publicirt.

Die Siebröhren sind stets mit Säften erfüllt, die bei den Ahornen in unverkennbarer Strömung sich befinden. Die ausgebildete Holzröhre hingegen, bei der Eiche, Rüster rc., im höheren Alter mit kleinen zelligen Blasen erfüllt (Tillen), enthält meist nur Luft, bei einigen Holzarten (Gleditschia, Gymnoclades, Ailanthus) führen sie einen dem Tragantgummi ähnlichen Stoff; im Kernholze des Ebenholzes, des Pflaumenbaums, der Cäsalpinie enthalten sie denselben Stoff, der auch die Zellwände durchdringt und färbt (Xylochrom). Im Pappelholze fand ich im Winter dünnflüssige Säfte, zu Eis erstarrt, schichtenweise das Innere der Röhren erfüllend. Außer der Ableitung gasförmiger Stoffe dienen die Holzröhren zum Theil also auch der Secretion, ähnlich den Harzgängen im Holze der Nadelhölzer. (Bot. Zeitung 1859, S. 100.) Ob sie an der Leitung von Wandersäften Theil nehmen, ist noch zu erforschen.

β. Elementarorgane aus Theilung von Faserzellen.

2) Primäre und secundäre Markstrahlen.

Wie ich Seite 174 erwähnt habe, verwandeln sich nicht alle Zellen des Cambialcylinders in Fasern, sondern es bleiben zwischen den einzelnen Bündeln derselben eine oder mehrere Zellenradien zurück, die sich unmittelbar in Markstrahlgewebe umbilden. Dieß in Bezug auf seine Entstehung aus cambialem Zellengewebe primitive Markstrahlgewebe, obgleich anatomisch von allen später sich bildenden Markstrahlen nicht verschieden, unterscheidet sich von letzteren doch dadurch für immer, daß es trichterförmig erweitert in das Mark verläuft.

In der Spitze des embryonischen Triebes der Knospe von Pinus Laricio (Seite 135, Fig. 5) laufen alle Markstrahlen vom Marke bis zur Rinde, alle Faserbündel bestehen auf der Seite des Holzkörpers nur aus Holzfasern und Spiralgefäßen mit verdickten und vollständig ausgebildeten Wänden. Steigt man in Querschnitten abwärts, so gelangt man etwas über der Mitte des nächstjährigen Triebes an eine Stelle, woselbst innerhalb der Faserbündel neue Markstrahlen auftreten. Der Markstrahl Taf. I. Fig. 2, q mag dieß versinnlichen. Die sorgfältigsten Untersuchungen haben mich vollständig überzeugt, daß diese secundären Markstrahlen nicht zwischen vorgebildeten Fasern, sondern dadurch entstehen, daß gleichzeitig alle Fasern ein und desselben Faserradius, durch Wiederauflösung der Celluloseschichten ihrer Zellwand in den Ptychodeschlauchzustand zurückschreiten; worauf dann sämmtliche Ptychodezellen durch Quertheilung zu senkrechten Reihen von Markstrahlzellen sich abschnüren. Es scheint jedoch, als beschränke

sich diese Bildungsweise secundärer Markstrahlen auf die frühesten Zustände der Faserbündel. Im jährigen und älteren Faserbündel geht auch die Neubildung der Markstrahlen von den permanenten Mutterzellen jedes Radius aus, und zwar durch radiale Längentheilung, gefolgt von einer horizontalen Abschnürung einer der Tochterfasern zu Markstrahlzellen.

3) Harzgänge des Holzkörpers der Nadelhölzer.

Im Kiefer-, Lärchen- und Fichtenholze zeigt der Querschnitt weiträumige, runde Löcher, die der Durchschnitt harzabsondernder senkrechter Gänge sind. Bei der Fichte kommen horizontale Harzgänge hier und da auch im Markstrahlgewebe vor. Diese Harzgänge besitzen keine geschlossene Wand. Statt derselben sind sie begrenzt von einer einfachen Lage dünnwandigen, parenchymatischen Zellgewebes, durch welches das Harz in den Innenraum des Ganges ausgeschieden wird (Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen, Taf. 18, Fig. 3). Wie die Zellen der secundären Markstrahlen, so entstehen auch diese Harzzellen aus vorgebildeten Fasern unter gleichzeitiger Resorbtion eines Theiles derselben zur Oeffnung des Gangraumes.

4) Holzparenchym.

Im Holzkörper der Birken, Erlen, Hainbuchen, Pappeln, Haseln, der Ebereschen, Pflaumenbäume findet man Complexe dickwandigen, parenchymatischen Zellgewebes, die, wie Borkenkäfergänge aufsteigend und hier und da sich verästelnd, besonders im Stammende junger Birken so reichlich vorhanden sind, daß sie den Querschnittflächen ein braun gesprenkeltes Ansehen geben. Dieß ungeordnete Zellgewebe ist, wie das Markstrahlgewebe, Ablagerungsort für Reservestoffe, auch insofern bemerkenswerth, als sich auf ihm häufig eine von schlafenden Augen nicht bedingte Maserbildung entwickelt.

Auch die Zellen dieses Gewebes entstehen in vorbezeichneter Weise aus vorgebildeten Faserzellen.

γ. Elementarorgane aus Zellenbildung innerhalb der Faserzellen.

5) Zellfasern.

Seite 211 habe ich nachgewiesen, daß die Holzfaser anfänglich aus einer cambialen Zellwandung und aus einem Ptychodeschlauche bestehe; daß unter gleichzeitiger Reduction der Cambialwandung der Ptychodeschlauch zu einer zweiten Zellwandung sich ausbilde, die dann den Hauptbestandtheil der Wandungsdicke bildet. In einer mehr oder weniger großen Zahl von Fasern des Holz- und Bastkörpers findet nun hierbei eine Abweichung insofern statt, als der Ptychodeschlauch vor seiner Umbildung zur zweiten Zellwand sich in eine Mehrzahl von Zellen in horizontaler Richtung abschnürt, wodurch eine Faser entsteht, in deren gemeinschaftlicher Cambialwandung eine Reihe übereinander stehender Zellen gelagert ist. Ich habe diese Organe Zellfasern genannt.

Zellfasern finden sich sowohl im Holzkörper als im Bastkörper. Im Holzkörper sind sie stets einfach und cylindrisch getipfelt (vorstehende Figur 41, 4), auch da wo die einkammrigen Holzfasern linsenräumige Tipfelung besitzen (Cypressen). Im Bastkörper sind sie siebförmig getipfelt (Seite 228, Fig. 41, 7). An beiden Orten sind die Zellfasern Organe der Bereitung und Aufbewahrung von Reservestoffen, meist Stärkmehl.

Sie gruppiren sich in Untermischung mit linsenräumig getipfelten Holzfasern theils um die Holzröhren zu besonderen Röhrenbündeln (Taf. I. Fig. 5 d, Seite 238, Fig. 42); theils bilden sie, entfernt von den Holzröhrenbündeln zwischen den einfachen, cylindrisch getipfelten Holzfasern peripherisch verlaufende Schichten (Taf. I. Fig. 2 e, Fig. 5 g). Ich habe sie in diesem Falle Schichtzellfasern genannt.

6) Krystallkammerfasern.

Seite 177, Fig. 22 sehen wir in der Umgebung der Bastfaserbündel m, a, t einzelne Faserdurchschnitte durch dunkle Schraffirung hervortreten. Ich habe damit die Zahl und Stellung einzelner Grenzfasern andeuten wollen, von denen Seite 228, Fig. 41, 9 die Längenansicht gibt. Diese Bastfasern unterscheiden sich dadurch von allen übrigen desselben Bündels: daß sie durchaus oder nur theilweise eine große Zahl dickwandiger Kammern enthalten, in deren jeder ein Krystall von oxalsaurem Kalke gelagert ist, wie dieß die schwarzschattigen, eckigen Körper in der untern Hälfte der Bastfaser Fig. 41, 9 andeuten, deren obere Hälfte die verdickte Wandung der gewöhnlichen Bastfasern (Fig. 8) zeigt.

Das Vorkommen der Krystallkammerfasern an der Grenze der Bastbündel ist ein sehr verbreitetes, wenn nicht allgemeines. Die Krystalle selbst sind bleibend, d. h. einer Auflösung und Wiederbildung nicht unterworfen, gehören daher nicht zu den Reservestoffen.

7) Bastbündelfasern.

Zu den metamorphischen Elementarorganen kann man endlich auch noch die dickwandigen Fasern der Bastbündel zählen. (Fig. 41, 8). Sie sind ursprünglich einfaches Siebfasergewebe und als solches radial geordnet (Taf. I. Fig. 2 f—o). Ihre Umbildung zu Bastfasern beruht nicht wie bei der Holzfaser auf einer einfachen Verdickung ihrer Wände, sondern es bilden sich an den Stellen, wo ein Bastbündel entstehen soll, nach vorhergegangener Resorbtion der vorgebildeten Siebfaserwände, durch wiederholte Längstheilung der Ptychodeschläuche ein im Querschnitte weit engmaschigeres Fasergewebe, dessen Stellung eine durchaus ungeregelte ist (Seite 177, Fig. 22 a, m), in deren primitiver Wandung, wie bei den Holzfasern, später eine secundäre Wandung zu jener, die Bastbündelfasern in den meisten Fällen charakterisirenden, außergewöhnlichen Dicke heranwächst, so daß der innere Zellraum meist fast gänzlich verdrängt wird. Es sind dieß diejenigen Organe, die in ihrer Vereinigung zu Bündeln den Bast, die Hanf- und die Flachsfaser liefern. Fig. 41, 8 gibt die Längenansicht einer solchen Faser.

Aber nicht in allen Holzpflanzen sind die Bastfasern metamorphische Gebilde. Beim Wachholder und bei der Eibe (überhaupt bei den meisten Cypressen und Taxineen) weichen sie in Anordnung, Form und Größe von den Siebfasern nicht ab und müssen betrachtet werden als hervorgegangen aus wiederholter Wandbildung im Innern dieser letzteren. Auch unter den Laubhölzern gibt es einige, deren Bastfasern die radiale Anordnung der Siebfasern beibehalten (Carpinus, Corylus), die daher ebenfalls den protomorphen Organen hinzugezählt werden müssen.

Die Bastfaserbündel liegen ursprünglich im Anschlusse der Faserbündel und bilden in seltenen Fällen (Podophyllum) die äußere Grenze desselben

in allen Berührungspunkten mit Mark, Markstrahl- und Rindegewebe. In einigen anderen annuellen Holzpflanzen (Arctium, Cucurbita), fehlt die Begrenzung durch Bastfasern der Markstrahlseiten der Faserbündel, wir finden die Bastbündel dann nur auf der Markseite und auf der Rindenseite der Faserbündel. In den allermeisten Fällen fehlt auch der Markseite des Faserbündels der Bastfaserkörper. Es ist mir noch keine Holzpflanze bekannt, in welcher auch der Rindeseite der Faserbündel die Bastbündel fehlen, wohl aber kommen letztere bei vielen annuellen Holzpflanzen zu überwiegender Entwickelung und bilden den größten Theil der festen, prosenchymatischen Masse des Stengels (z. B. Delphinium).

Diese, die äußere Grenze eines jeden Faserbündels bekleidenden Bastfasern liegen ursprünglich in unmittelbarem Anschlusse am Siebfasergewebe. Erst später sehen wir es von letzterem getrennt durch eine schmale Zwischenschicht von parenchymatischen Zellen (Taf. I. Fig. 2 g—h, Seite 177, Fig. 22 g—h). Ich habe diese Bastfaserbündel primitiv genannt, um sie von den, später im Innern der Siebfaserschichten lagenweise sich bildenden, secundären Bastschichten zu unterscheiden (Seite 177, Fig. 22 m a). Innerhalb des grünen Rindeparenchyms stehend, erleiden sie im Verfolg eine Spaltung in ebenso viele unter sich verästelte Theile, als secundäre Markstrahlen im Holz- und Bastkörper ihres Faserbündels entstehen, so daß ihre Zahl auch in späteren Jahren sich fortdauernd mehrt, so lange, als die grüne Rinde überhaupt lebendig bleibt.

e) Ordnung der Elementarorgane zu Systemen.

Nachdem wir die wesentlichsten Verschiedenheiten in der Entstehungsweise, in Form und Bildung der Elementarorgane kennen gelernt haben, wenden wir uns zur näheren Betrachtung der Systeme, zu denen dieselben im Körper der Holzpflanze zusammentreten und unterscheiden zunächst Zellensysteme von Fasersystemen.

Das Zellensystem lernten wir bereits Seite 169—171 auch in seiner Vertheilung und Anordnung näher kennen. Wir sahen, daß in ihm die einzelnen Elementarorgane sich zunächst in Reihen zusammenstellen, die mit der Achse des Pflanzentheiles parallel verlaufen, [1] in denen die Zellen mit ihren, zur Längenachse rechtwinklichen Endflächen übereinander stehen; daß diese Zellenreihen in der Achse des Pflanzentheiles in concentrische Kreise geordnet sind; daß die Zellenreihen jedes Kreises mit denen der Nachbarkreise im Verband stehen; daß dasselbe auch der Fall sei in Bezug auf die Zellen jeder Reihe zu den Zellen aller Nachbarreihen.

Innerhalb dieses ursprünglichen, parenchymatischen Zellgewebes entstand ein erster Gegensatz zwischen Markgewebe und Rindengewebe dadurch, daß zwischen seiner Achse und Außenfläche eine mittlere Zellgewebsschicht theils zu Faserbündeln, theils zu Markstrahlgewebe sich umbildete (Seite 174). Ein dritter Gegensatz entstand dadurch: daß im Faserbündel- und Markstrahlkreise eine concentrische Schichtung permanenter

[1] Der in Blättern und blattartigen Pflanzentheilen auftretenden Ausnahmen werde ich später gedenken.

Mutterzellen für den radialen Zuwachs beider sich constituirte, durch welche der Faser- und Markstrahlkreis in einen inneren Holzkörper und in einen äußeren Bastkörper zerfällt, deren Elementarorgane, wenn auch nahe gleicher Anordnung, dennoch nicht allein in ihrer Entwickelungsrichtung, sondern auch in der Bildung ihrer Zellwände und in deren Tipfelung wesentlich verschieden sind (Seite 177).

Wir wollen nun diese verschiedenen Organsysteme, besonders in Bezug auf deren Funktionen, etwas näher betrachten.

1. Das System des Mark- und Rindegewebes (Parenchyma)

verharrt am vollkommensten in seiner ursprünglichen Anordnung und in der dadurch bedingten Zellenform, wie ich diese soeben und Seite 171 geschildert habe. Nur das metamorphische Zellgewebe des Korkes zeigt eine abweichende, im Querschnitte radiale Anordnung seiner Zellen, wie ich dieß Seite 171 aus seiner Entwickelung abgeleitet und durch die Figuren 38—40, sowie Taf. I. Fig. 2 l—m dargestellt habe. Es bleibt mir zu dem bereits Erörterten hier nichts weiter hinzuzufügen.

Abgesehen vom Rindegewebe blattloser Pflanzen, bei denen dasselbe unstreitig die Funktion des Blattparenchyms vertritt, scheint die Thätigkeit des Mark- und Rindegewebes eine auf sich selbst beschränkte zu sein, insofern es die zu seiner Fortbildung, zu den von ihm bereiteten Reservestoffen, Secreten und Excreten nöthigen Bildungsstoffe von außen her empfängt und eine Leitung derselben nur innerhalb seiner selbst vermittelt. Daher kann es auch an älteren Pflanzentheilen absterben und verloren gehen, oder hinweggenommen werden, ohne daß dadurch die normalen Lebensverrichtungen der Pflanze beeinträchtigt werden. In den jüngeren Theilen der Wurzel verrichtet das Rindegewebe unstreitig das Geschäft der Einsaugung des Bodenwassers. Es ist hier und an den unteren Stammtheilen zugleich Magazin für die alljährlich sich auflösenden, auf Wachsthum verwendeten und sich im Herbste wieder ansammelnden Reservestoffe. Im Rindezellgewebe der Triebe des aufsteigenden Stockes scheint diese letztere Bedeutung eine untergeordnete zu sein, in Folge des bleibenden Gehaltes an Chlorophyllkörnern, wohingegen das Rindeparenchym an der Verdunstung wässeriger Flüssigkeit bis zum 6—8jährigen Alter hinab Theil nimmt. Weit entschiedener tritt die Bedeutung eines Magazins für Reservestoffe im Marke der meisten Holzpflanzen hervor, in dem bis zu hohem Alter eine jährliche Auflösung und Wiederansammlung dieser Stoffe stattfindet, wie ich gezeigt habe bei einigen Holzarten (Eiche, Kiefer), verbunden mit theilweiser Resorbtion und Neubildung des Zellgewebes selbst. Bei anderen Pflanzen (Fraxinus, Catalpa, Sambucus, Juglans etc.) tritt das Markgewebe schon früh außer Funktion und enthält in späterer Zeit nur Luft.

2. Das System der Markstrahlen (Actinenchyma).

Wollte man die primären, in das Mark ausmündenden Markstrahlen als ein Zellgewebe betrachten, das, wie Rinde und Mark, dem Faserbündel nicht angehört, so würde man dieß doch nicht ausdehnen können auf die im Innern der Faserbündel entstehenden, secundären Mark-

strahlen. Es stellen sich aber beide in ihrer Fortbildung so vollkommen gleich, daß die Unterscheidung eine rein genetische sein würde, daher es wohl sich rechtfertigen läßt, wenn man anatomisch die Markstrahlen überhaupt als integrirende Bestandtheile der Faserbündel betrachtet. Als solche unterscheiden sie sich von allen übrigen Bestandtheilen der Faserbündel, weniger durch Form und Bildung der Organe, als durch die Lagerung derselben, indem die Längenachse der einzelnen Zellen nicht parallel, sondern rechtwinklig zur Längenachse des Triebes steht. Der Abschluß dieses Zellgewebes, durch die gegenseitige Verästelung der Faserbündel (Fig. 1—3, Seite 199) zu strahlig von der Rinde zur Achse des Triebes verlaufende Radien, rechtfertigt die Bezeichnung als „Strahlgewebe — Actinenchym," wenn auch in einem anderen Sinne als Hayne dieselbe verwendet, der das Markstrahlgewebe zum Parenchym zieht und „mauerförmiges Zellgewebe" nennt, wohin es entschieden nicht gehört, indem es in den meisten Fällen vielmehr einem liegenden Fasergewebe ähnlich ist (Taf. I. Fig. 5).

Denkt man sich eine Menge von Wagenrädern so übereinander gelegt, daß die Speichen eines jeden Rades in den Raum zwischen je zweien Speichen der Nachbarräder fallen und eingreifen (die Seitenansicht in Fig. 1, Seite 131 und die dort gezeichneten, als Speichenquerschnitte zu betrachtenden, spindelförmigen Räume veranschaulichen dieses S. 135 näher erläuterte Ineinandergreifen); denkt man sich die dadurch gebildete Nabensäule als Marksäule, die nach oben und unten bis zu gegenseitiger Berührung erweiterten Felgenkränze als Rindemasse; denkt man sich ferner, von den Felgenkränzen aus, kürzere Speichen mehr oder weniger weit in radialer Richtung dem Marke zugewendet, aber vor demselben frei endend (der Wurzeldurchschnitt Fig. 43, dem jedoch die Markmasse fehlt, mag dieß letztere veranschaulichen); denkt man sich endlich die freien Räume (zwischen den vollkommenen Speichen = primäre Markstrahlen, zwischen den unvollkommenen Speichen = secundäre Markstrahlen) mit Fasergewebe ausgefüllt, so gibt dieß ein ziemlich getreues Bild vom Lagerungsverhältniß der Markstrahlen zu den Fasern des Holz- und des Bastkörpers.

Die Zellen der Markstrahlen bilden liegende Reihen, deren Zellen mit den Zellen der Nachbarreihen im Verbande stehen (Taf. I. Fig. 5 h h), so daß das Gewebe, von der Seite (Fig. 5) oder im Querschnitte des Triebes gesehen (Taf. I. Fig. 2 p) allerdings der Verbandstellung von Backsteinen in einer Mauer gleicht. Tangentale Längendurchschnitte oder Triebesquerschnitte des Markstrahlgewebes zeigen entweder nur einfache Zellenreihen (Pinus, Populus), oder eine Mehrzahl nebeneinander liegender Reihen (Fagus, Quercus, Taf. I. Fig. 2 p). Nach der Zahl dieser nebeneinander verlaufenden Zellenreihen habe ich die Markstrahlen 1, 2, 3 . . . viellagrige, nach der Zahl der übereinander verlaufenden Zellenreihen habe ich sie 1, 2, 3 . . . vielstöckige genannt. Es gibt Holzarten, die stets und überall nur einlagrige Markstrahlen besitzen (die meisten Nadelhölzer, die Pappeln, Weiden, Linden, Roßkastanien). Wo mehrlagrige Markstrahlen vorhanden sind, bestehen neben ihnen stets auch einlagrige Strahlen, da jeder secundäre Markstrahl ursprünglich einlagrig ist, in seiner Fortbildung aber ebenso wie die primären Mark-

strahlen mehrlagrig werden kann (Taf. I. Fig. 2 q r). Ein bleibender Unterschied zwischen „großen" und „kleinen" Markstrahlen, bei ein und derselben Holzart, besteht daher nicht; auch kann, da die oberen und unteren Stockwerke auch der mehrlagrigen Markstrahlen einlagrig sind, je nach der Höhe, in der der Querschnitt des Triebes einen mehrlagrigen Markstrahl trifft, dieser einlagrig erscheinen. In meinen Diagnosen habe ich die mehrlagrigen Markstrahlen mit M, die einlagrigen mit m bezeichnet. Zu den einlagrigen zähle ich auch diejenigen, die nur in den mittleren Stockwerken mitunter zwei-, höchstens dreilagrig sind.

Noch schwankender als die Zahl der Lagen ist die Zahl der Stockwerke in ein und derselben Holzart. Es bestehen jedoch auch hierin bei verschiedenen Holzarten nicht selten charakteristische Unterschiede, die ich, wo sie beachtenswerth sind, durch Angabe der mir bekannten Maxima unter dem Markstrahlzeichen angeführt habe, z. B. $\frac{M}{60}$ oder $\frac{m}{40}$.

In einigen Fällen sind die mehrlagrigen Markstrahlen von einzelnen Faserradien durchsetzt, z. B. bei Carpinus (Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen Taf. 21). Ich habe Markstrahlen dieser Art componirt genannt und mit Mc bezeichnet.

Die Markstrahlen sind keineswegs so einfach gebaut, als dieß bisher angenommen wurde. Die Zellen der obersten und der untersten Stockwerke sind in der Regel langstreckiger, wechseln mit mehr oder weniger schrägen Querscheidewänden (Taf. I. Fig. 5 h h) und sind häufig abweichend und zwar linsenräumig getipfelt, während die Zellen der mittleren Stockwerke in ihren Größen und Stellungsverhältnissen mehr einem liegenden, parenchymatischen Zellgewebe entsprechen. Bei den Laubhölzern sind es erstere, welche durch eine weiträumige Tipfelung mit den Holzröhren (Taf. I. Fig. 5 k), bei den Nadelhölzern sind es letztere, die durch weiträumige Tipfelung mit den anliegenden Holzfasern communiciren (Seite 208, Fig. 31). Die linsenräumig getipfelten Markstrahlzellen scheinen mehr der Säfteleitung, die einfach cylindrisch getipfelten, mittleren Stockwerke scheinen mehr der Aufspeicherung von Reservestoffen dienstbar zu sein.

Es liegt nämlich die Annahme sehr nahe, daß die Markstrahlen dazu bestimmt seien, den im Siebfasergewebe des Bastes rückschreitenden Bildungssaft aufzunehmen und in die inneren Baumtheile überzuführen, daß von ihnen aus nicht allein die Mutterzellen für Holz und Bast, sondern auch die älteren Holzschichten mit Bildungssäften gespeist werden, zur Wiedererzeugung der jährlich verbrauchten Reservestoffe, die sich zum Theil in den Markstrahlzellen selbst ablagern. Indeß fehlt uns auch für diese Annahme die thatsächliche Begründung. Läßt man auf die obere Schnittfläche eines 1—1$^{1}/_{3}$ Meter langen Stammstückes der Tanne den Druck einer Wassersäule von 1$^{1}/_{3}$—1$^{2}/_{3}$ Meter Höhe einwirken, so wird dadurch der Holzsaft aus der unteren Schnittfläche herausgetrieben. Hat man die Holzstücke zuvor entrindet, so sollte man meinen, es müsse der Saft auch aus den geöffneten Markstrahlen nach außen sich ergießen, da diese mit den Holzfasern in derselben Tipfelverbindung stehen, wie die Holzfasern unter sich. Dieß ist aber nicht der Fall, die Markstrahlen leiten Saft nicht nach außen. Ringelt

man Holzstücke, umgibt man die Ringwunde mit einem nach oben geöffneten Glasverbande, so daß man der Ringwunde eine gefärbte Flüssigkeit zur Auffaugung darbieten kann, dann sind es die Holzfasern und Holzröhren, welche die dargebotene Flüssigkeit aufnehmen und fortleiten, während die Markstrahlen (Eiche) ungefärbt bleiben. Indeß habe ich diese Versuche erst mit Winterhölzern durchgeführt. Sommerholz könnte möglicherweise ein anderes Verhalten zeigen, so daß wir zur Zeit die Leitungsfähigkeit der Markstrahlen für den Wandersaft nach innen noch nicht ganz von der Hand weisen dürfen.

Das Vorkommen der Markstrahlen in den Holzpflanzen ist keineswegs so allgemein, als man dieß bisher annahm. Ich habe gezeigt, daß sie einer nicht geringen Zahl annueller Holzpflanzen (Crassulaceen, Caryophyllen, Primulaceen ꝛc.) gänzlich fehlen; bei mehrjährigen, einheimischen Holzpflanzen hingegen habe ich sie überall vorgefunden.

3. Das Fasergewebe (Prosenchyma).

Zum Fasergewebe zähle ich alle, meist aus faserförmigen Organen zusammengesetzten Gewebemassen des Faserbündels, die im Raume zwischen den Markstrahlen verbreitet sind, einschließlich der im Verlauf der Entwickelung des Faserbündels in die grüne Rinde tretenden, primären Bastbündel. Der wesentliche Charakter des Prosenchym, gegenüber dem Parenchym und dem Actinenchym, liegt in dessen radialer Fortbildung zu horizontal gelagerten Organschichten, sowie in dem mehr oder weniger tiefen Ineinandergreifen der Faserspitzen jeder Horizontalschicht in die Faserspitzen der über- und der unterliegenden Schichten, daher die Organe dieses Gewebes nicht mit horizontalen, sondern mit schrägen Querwänden übereinander stehen.

Man versinnlicht sich die Stellungsgesetze dieser Gewebsmassen am besten, wenn man mehrere Bunde Schwefelhölzchen in einen Kreis stellt, den Innenraum dieses Kreises mit Markzellgewebe, die Räume zwischen den Bunden mit Markstrahlgewebe sich erfüllt denkt. Jedes einzelne Hölzchen der Bunde repräsentirt eine Faserzelle. Denkt man sich die Hölzchen beiderseits schräg zugespitzt und zur Achse des Bündelkreises radial geordnet, denkt man sich ferner mehrere solcher Kreise von Schwefelholzbunden so übereinander gestellt, daß die schräg zugespitzten Enden der Hölzchen eines jeden unterstehenden Bundes in die Zuspitzungslücken des überstehenden Bundes eingreifen, so hat man ein ziemlich treues Modell der Anordnung dieser Gewebeschichten, das sich am schärfsten in der Betrachtung des Holzkörpers und der Siebfaserschichten des Nadelholzes wieder finden läßt, im Laubholze noch dadurch einer Vervollständigung bedarf, daß man sich eine Mehrzahl weiträumiger, senkrecht gestellter, zu Bündeln gruppirter Röhren eine mehr oder weniger große Zahl übereinander stehender Bunde durchziehend und untereinander verbindend denkt.

Im jugendlichen Zustande ist die radiale Ordnung der Fasern oder der Hölzchen jedes Bundes überall erkennbar. Sie erhält sich bei den Nadelhölzern mehr oder weniger vollständig auch im fertigen Holze. Bei den Laubhölzern hingegen wird die Regelmäßigkeit der Anordnung später

mehr oder weniger verwischt, in den extremen Regionen eines jeden Faserbündels, in der Markscheide und im Bastbündel durch außergewöhnliche Streckung der Fasern, in den Holzfaser- und den Siebfaserschichten durch die, mit einer Verschiebung der Fasern verbundene Entstehung der Holz- und Siebröhren.

Wie wir gesehen haben (S. 177), zerfällt das Fasergewebe eines jeden Bündels in

1) den Holzkörper (Lignum),
2) den Bastkörper (Liber).

Ich will nachfolgend die wesentlichsten Verschiedenheiten im Vorkommen und in der Anordnung der vorstehend beschriebenen Elementarorgane aufführen.

a) Vom Holzkörper.

Der wesentlichste Charakter aller ihm angehörenden Organe liegt darin, daß dieselben stets einfach (nie siebförmig) getipfelt sind, entweder cylindrisch oder linsenräumig; daß zu dieser Tipfelung häufig noch eine Spiralbildung der Wandungen tritt, die, wie wir gesehen haben, entweder Spiralfaserbildung oder spiralige Leistenbildung ist (Seite 209—212). In den Bastbündeln der Siebfaserschichten habe ich erstere nie, letztere nur bei Lavatera und Malope aufgefunden.

Die einfachste Bildung des Holzkörpers bieten uns die Nadelhölzer. Abgesehen von den bisweilen getipfelten Spiralgefäßen des Markcylinders, abgesehen von den Harzgängen der Kiefern, Fichten, Lärchen, abgesehen von den Zellfasern der Cypressen, besteht der Holzkörper zwischen den Markstrahlen hier nur aus linsenräumig getipfelten Holzfasern, die sehr regelmäßig in radiale Reihen geordnet sind, da eine Störung dieses allgemeinen Stellungsgesetzes durch zwischentretende Holzröhren hier nicht stattfindet, wie dieß bei den Laubhölzern häufig der Fall ist. Der Querschnitt c—f, Seite 177, Fig. 22, sowie Fig. 33 kann hiefür als Abbildung gelten. Fig. 22 sehen wir die letzten Fasern des Holzrings im Vergleich zu den älteren in radialer Richtung sehr verschmälert, den Innenraum der Fasern dadurch bis auf ein Minimum verengt, die Tipfel nicht auf der den Markstrahlen, sondern auf der der Rinde zugewendeten Seite stehen. Ich habe diese, auch im Laubholze die Grenze eines jeden Holzrings bezeichnenden Fasern, im Gegensatze zu den früher gebildeten „Rundfasern" Breitfasern genannt.

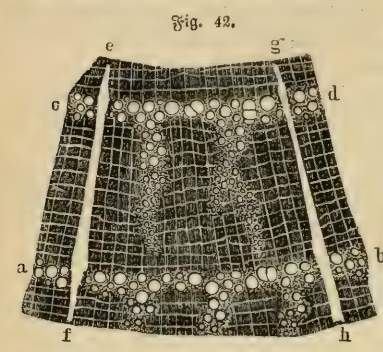
Bei der geringen Größe der Zellenräume muß die Breitfaserschicht den dichteren und schwereren, daher auch brennkräftigeren Theil einer jeden Jahreslage bilden. Bei den Nadelhölzern erreicht sie eine bedeutende Breite und ist, im Verhältniß zur Breite des ganzen Jahresringes um so breiter, je schmaler die Jahresringe sind. Daher ist das schmalringige Nadelholz besser, als das breitringig gewachsene. Bei den Laubhölzern ist eine Breitfaserschicht zwar auch vorhanden, stets aber so schmal und in ihrer Wandungsdicke so wenig von den älteren Fasern verschieden, daß ein Unterschied in der Güte des Holzes hieraus nicht hervorgeht. Im Gegentheil sind die breitringig gewachsenen harten Laubhölzer besser als die schmalringig gewachsenen, da letztere verhältnißmäßig viel mehr weiträumige Holzröhren enthalten, deren bedeutender Luftgehalt das Holz

leichter macht. Man kann sich davon durch den Vergleich der innersten und der äußersten Holzlagen alter Eichen leicht überzeugen.

Weit zusammengesetzter ist das Holz der Laubhölzer.

Betrachten wir den Querschnitt eines recht üppig gewachsenen drei bis vierjährigen Eichentriebes, am besten von einer kräftig gewachsenen Stocklohde entnommen, nach der Glättung mit einem sehr scharfen Messer, vermittelst einer guten, einfachen oder besser noch, vermittelst einer Doppellupe, so erkennen wir zwischen je zwei Markstrahlen und den beiden Jahrringgrenzen eine Anzahl größerer und kleinerer runder Oeffnungen — die Durchschnitte der Holzröhren — um und außer diesen, Bänder und Zeichnungen, die durch hellere und mattere Färbung von einem dunkleren und glänzenden Felde merklich abstechen.

Fig. 42.



Die nebenstehende Fig. 42 zeigt einen solchen Querschnitt. a b, c d sind die Grenzen eines Holzringes, e f, g h sind zwei breite Markstrahlen, zwischen denen eine große Zahl sehr schmaler, in gleicher, radialer Richtung verlaufender Markstrahlen durch hellere Färbung hervortreten. Die Felder zwischen diesen kleinen Markstrahlen werden gebildet von den Querschnitten sehr dickwandiger, cylindrisch getipfelter Holzfasern (S. 228, Fig. 41, 3, Taf. I. Fig. 2 c, Fig. 5 c), die ich in meinen Diagnosen mit h bezeichnet habe (mit $\frac{h}{m}$, wenn diese Fasern mehlführend sind).[1] Die radialen Streifen sehen wir von einer Mehrzahl peripherisch verlaufender, heller und matter Bänder unterbrochen, die ihrerseits von den Markstrahlradien durchsetzt werden. Es sind dieß Complexe von Schichtzellfasern, in den Diagnosen mit s bezeichnet (Taf. I. Fig. 2 e, Fig. 5 g).

Diesen Theil des Querschnitts: Markstrahlen, cylindrisch getipfelte Holzfasern und Schichtfasern betrachte ich als die Grundmasse des Holzes, der das oder die Röhrenbündel eingesprengt sind. Wir sehen in der Figur zwei radial verlaufende Röhrenbündel, die vor der Außengrenze des Jahrrings aufhören, an der Innengrenze desselben zu einem peripherisch verlaufenden Bündel (c d) sich vereinen.

Diese Röhrenbündel des Holzkörpers bestehen nun aus drei verschiedenen Arten von Elementarorganen: 1) aus den weiträumigen Holzröhren (Seite 228, Fig. 41, 1; Taf. I. Fig. 2 d, Fig. 5 a), aus linsenräumig getipfelten Holzfasern (Fig. 41, 2; Taf. I. Fig. 5 f) und aus Zellfasern (Fig. 41, 4; Taf. 1. Fig. 5 d). Erstere sind in den Diagnosen mit H, letztere mit Z, die linsenräumig getipfelten Holzfasern mit L

[1] Da die Schichtfasern (s) und die Zellfasern der Röhrenbündel (Z) überall mehlführend sind, wurde eine dem entsprechend ähnliche Bezeichnung in der Diagnose nicht nöthig.

bezeichnet. Wo in diesen Organen neben der Tipfelung zugleich auch eine spiralige Leistung vorkommt, habe ich $\frac{H}{sp}$ oder $\frac{L}{sp}$ geschrieben.

Die Diagnose für das Eichenholz würde demnach sein

$$(h\ s) + (H\ L\ Z),$$

(h s) die Grundmasse, (H L Z) die Zusammensetzung der Röhrenbündel bezeichnend.

Aber nicht überall zeigt sich diese Vollständigkeit des Beisammenseins aller Elementarorgane. Es fehlt das eine oder das andere, oder mehrere oder viele derselben zugleich, bis zu den Nadelhölzern hinab, in denen sie alle bis auf zwei oder auf nur eins geschwunden sind (Abies Araucaria).

Das Nachfolgende mag eine gedrängte Uebersicht des von mir über diesen Gegenstand Publicirten (Bot. Zeitung 1859, S. 105) geben, beschränkt auf die in unseren Wäldern vorkommenden Holzpflanzen.

A. Röhrenhölzer — alle Laubhölzer einschließlich Ephedra.

I. Nur breite Markstrahlen (unbedingt oder doch für die Ansicht mit dem einfachen Vergrößerungsglase).

a) Die Holzröhren zerstreut im ganzen Jahresringe.

Vitis: $\frac{h}{m}$ s + (R Z).

Platanus: h s + (R L Z).

b) Röhren an der inneren Jahrringgrenze gehäuft.

Clematis: $\frac{h}{m}$ s + (R $\frac{L}{sp}$ Z).

Atragene: ($\frac{R}{sp}$ $\frac{L}{sp}$).

c) Röhren in Bündeln, auf dem Querschnitt dendritisch verzweigt.

Berberis: $\frac{h}{m}$ + ($\frac{R}{sp}$ $\frac{L}{sp}$ Z).

II. Breite und sehr schmale Markstrahlen, letztere nicht oder doch nicht regelmäßig zu breiten Markstrahlen sich erweiternd.

a) Die Holzröhren zerstreut im ganzen Jahresringe.

1) Die großen Markstrahlen selten und durchsetzt.

Alnus: s + (R L).

2) Die großen Markstrahlen häufig und durchsetzt.

Carpinus: h s + ($\frac{R}{sp}$ Z).

3) Die großen Markstrahlen häufig und geschlossen.

Fagus: h s + (R L Z) — Viscum.

b) Die Holzröhren an der inneren Ringgrenze gehäuft.

Rosa: $\frac{h}{m}$ s + ($\frac{R}{sp}$ $\frac{L}{sp}$ Z).

Rubus: $\frac{h}{m}$ s + (R L Z).

Ribes: $\frac{h}{m}$ + (R L).

c) Die Holzröhren zu umfangreicheren Bündeln vereint, von der inneren Grenze radial nach außen verlaufend.

Quercus: h s + (R L Z). Corylus: h s + (R Z).

III. Ein Unterschied in der Breite der Markstrahlen ist zwar noch erkennbar, beschränkt sich aber auf das 2 bis 3fache der Breite kleinster Markstrahlen.

a) Die Holzröhren zerstreut im ganzen Jahresringe.

Acer: $\frac{h}{m} + (\frac{R}{sp} Z)$ Liriodendron: $h + R$; Philadelphus, Ilex: $(R \frac{L}{sp} Z)$. Cornus: $s + (R L)$.

b) Die Holzröhren an der inneren Ringgrenze gehäuft, die übrigen zerstreut.

Ligustrum: $h s + (R L Z)$. Amygdalus, Prunus, Cerasus, Padus: $h s + (\frac{R}{sp} L)$. Pyrus, Sorbus: $s + (R L Z)$. Torminaria, Aria, Cydonia, Chamaemespilus, Amelanchier, Crataegus: $s + (\frac{R}{sp} L)$. Mespilus: $s + (\frac{R}{sp} \frac{L}{sp} Z)$. Sambucus: $\frac{h}{m} + R$.

c) Alle Holzröhren zu umfangreicheren Bündeln vereint.

1) Röhrenbündel an der inneren Ringgrenze gehäuft, die äußeren in concentrischen Schichten.

Morus: $h s + (\frac{R}{sp} \frac{L}{sp} Z)$. Celtis, Ornus, Fraxinus: $R L Z$.

3) Die äußeren Röhrenbündel dendritische Figuren bildend.

Lycium: $h s + (\frac{R}{sp} \frac{L}{sp} Z)$. Ostrya: $h s + (\frac{K}{sp} Z)$. Rhamnus: $h + (R \frac{L}{sp})$. Ptelea: $h + (\frac{R}{sp} \frac{L}{sp} Z)$. Ulmus: $h + (\frac{R}{sp} Z)$. Evonymus: $h + (\frac{R}{sp} \frac{L}{sp})$. Robinia, Caragana, Cytisus: $\frac{h}{m} + (R \frac{L}{sp} Z)$. Genista, Colutea, Sarothamnus: $\frac{h}{m} + (\frac{R}{sp} \frac{L}{sp} Z)$.

IV. Nur schmale Markstrahlen von gleicher Breite.

a) Die Holzröhren zerstreut im ganzen Jahresringe.

Tilia: $h s + (\frac{R}{sp} Z)$. Aesculus: $h + (R \frac{R}{sp} Z)$. Populus: $h m + (R Z)$. Betula: $s + (R L)$. Buxus: $(\frac{R}{sp} \frac{L}{sp} Z)$. Staphylea: $(\frac{R}{sp} L Z)$. Vaccinium: $h m + (R L)$. Rhododendron, Calunna etc. $(R L Z)$.

b) Die Holzröhren an der inneren Ringgrenze gehäuft.

Juglans, Carya: $h s + (R Z)$. Salix: $\frac{h}{m} + R$.

Lonicera, Viburnum: $s + (\frac{R}{sp}\ \frac{L}{sp})$. Frangula: $\frac{h}{m} + (R\ Z)$. Hippophäe: $(R\ \frac{L}{sp}\ Z)$.

c) Die Holzröhren zu umfangreichen im Querschnitt dendritisch gestalteten Bündeln vereint.

Castanea: $h\ s + (R\ L\ Z)$. Daphne: $h + (\frac{R}{sp}\ \frac{L}{sp}\ Z)$.

B. Röhrenlose Hölzer (Nadelhölzer).

I. Mit Harzgängen (H Z).

Pinus, Cedrus, Larix, Picea: $L + H\ Z$.

II. Ohne Harzgänge:

a) Mit Zellfasern.

Juniperus: L Z.

b) Ohne Zellfasern.

Taxus: $\frac{L}{sp}$. Abies: L.

Durch außergewöhnlich weiträumige Holzröhren sind ausgezeichnet: Quercus, Fraxinus, Castanea, Juglans, Robinia, Morus, Ailanthus, Ulmus, Hippophaë; von kleineren Hölzern: Vitis, Clematis, Atragene, Celastrus, Aristolochia, Thecoma, Menispermum, alles Schlingpflanzen!

Eine Uebersicht auch der exotischen Hölzer, geordnet in die gleichlautenden Diagnosen, habe ich in der Bot. Zeitung von v. Mohl und v. Schlechtendal 1859, S. 105 gegeben.

Alle in Vorstehendem aufgeführten, den Markstrahlen und der Vertheilung der Röhrenbündel entnommenen Gruppencharaktere sind schon der Betrachtung scharfer Querschnitte vermittelst der einfachen Lupe zu entnehmen. Absichtlich habe ich die feineren anatomischen Unterschiede in der Zahl der Lagerungen und Stockwerke des Markstrahls vermieden, um der Benutzung des Systems zur Förderung der optischen Holzkenntniß, von Seiten des Forstmannes nicht entgegenzutreten. Die Holzdiagnosen der einzelnen Gattungen sind allerdings nur durch das zusammengesetzte Mikroskop zu verfolgen, können daher für den mit diesem Instrumente nicht vertrauten Forstmann keine descriptive, sondern nur physiologische Bedeutung besitzen. Physiologisch bedeutungsvoll sind diese letzteren Unterschiede in so fern, als sie Fingerzeige geben in Bezug auf die absolute Nothwendigkeit dieser oder jener Organformen. Wissen wir z. B., daß allen Nadelhölzern die Holzröhren fehlen, ohne daß dadurch irgend eine der wichtigeren uns bekannten Lebenserscheinungen eine Abänderung erleidet, so verliert dadurch die Holzröhre an Bedeutsamkeit. Wissen wir aus Vorstehendem, daß dem Holzkörper vieler Pflanzen die cylindrische, daß hingegen keiner einzigen die linsenräumige Tipfelung fehlt, so müssen wir letzterer eine größere Bedeutung beilegen, als ersterer.

Die physiologische Bedeutung des Holzkörpers ist zunächst die einer festen und dauerhaften Stütze aller jüngeren und jüngsten Baumtheile der alljährlich sich bildenden Triebe, Blätter, Blüthen und Früchte. Zugleich ist der Holzkörper aber auch derjenige Baumtheil, in welchem die dem Boden durch die Wurzeln entnommenen wässerigen Rohstoffe der Er-

nährung bis in die Blätter des Gipfels emporsteigen. Die ächten, einfachen Holzfasern sind es, in denen dieß geschieht. Endlich ist der Holzkörper aber auch Magazin für eine nicht unbeträchtliche Menge von Reservestoffen, die sich alljährlich, besonders in den Zellen des Markstrahlgewebes und in denen der Zellfasern ansammeln, reichlicher in der Wurzel, als im oberirdischen Stamme. Bei manchen Holzarten nehmen auch die einfachen Holzfasern hieran Theil, wie dieß die vorstehenden Diagnosen durch die Bezeichnung $\frac{h}{m}$ nachweisen. Die linsenräumig getipfelten Holzfasern führen nie Reservestoffe. In den Nadelhölzern sind sie es ohne Zweifel, welche den Saft nach oben führen, da sie allein den Faserbestand bilden (Abies). In den Laubhölzern hingegen scheinen die cylindrisch getipfelten Fasern das Geschäft der Säfteleitung zu verrichten. Erwärmt man Aststücke der Rüster, Eiche, Akazie &c. im Frühjahre durch Einschluß in die Hand, dann bleiben die Röhrenbündel aus R L Z trocken, während die Querschnittflächen der cylindrisch getipfelten Holzfasern allein vom hervorquellenden Holzsafte sich netzen. Ob die harzigen Secrete in den Harzgängen der Kiefern, Fichten und Lärchen zu den Reservestoffen gerechnet werden dürfen, ist sehr zweifelhaft. Bis jetzt habe ich stets nur Aufspeicherung, nie eine Minderung der Harze wie der ätherischen Oele wahrgenommen.

b) Vom Bastkörper.

Der Bast, nach innen vom Holzkörper, nach außen von der grünen Rinde begrenzt (Taf. I. Fig. 2 f—i), besteht wie der Holzkörper aus Jahresringen, die jedoch weit schmaler als die Holzringe und bei verschiedenen Holzarten verschieden breit sind; äußerst schmal bei Buche, Hainbuche, Eibe; sehr breit bei Eiche, Rüster, Linde. Die Schichtenbildung sieht man am besten an Querschnitten 4 bis 5jähriger Lindentriebe; es ist deren Zahl hier und in vielen anderen Hölzern jedoch größer als das Alter des Stammtheils, dadurch, daß alljährlich 2 bis 3 Schichten von Bastbündeln in jeder Jahresschicht gebildet werden, wodurch die wirklichen Jahrringgrenzen sich verwischen.

Die Markstrahlen des Holzkörpers setzen sich nach außen durch sämmtliche Schichten des Bastes hindurch ohne Unterbrechung fort; ihre Zellen sind aber im Baste siebförmig getipfelt und dünnwandiger.

Zwischen je zweien Markstrahlen besteht das Bastgewebe aus Siebfasern, Siebröhren und siebförmig getipfelten Zellfasern, wie der Holzkörper aus einfach getipfelten Holzfasern, Holzröhren und Zellfasern besteht. Alle diese Organe sind und bleiben stets im dünnwandigen Cambialzustande. Die den Bast im technischen Sinne bildenden Bastbündelfasern entstehen erst später aus vorgebildeten Siebfasern, zwar bei den meisten, aber nicht bei allen Holzarten, z. B. nicht bei Pinus, Populus, Fraxinus.

Auch die Anordnung des Siebfasergewebes ist der des Holzgewebes entsprechend. Wie die Holzfasern bilden auch die Siebfasern radiale Reihen, deren Fasern mit den Fasern der Nachbarreihen im Verbande liegen. Wie dort so theilen auch hier die Zellfasern diese Anordnung, wie dort sind auch hier die Röhren unregelmäßig dem Fasergewebe eingestreut. Ein wirk-

licher, bleibender Unterschied besteht daher nur in der siebförmigen Tipfelung, in dem Verharren der Faserwände im cambialen, d. h. einwandigen Zustande und in dem bleibenden Vorhandensein eines Ptychodeschlauches (Seite 211, Fig. 33 a, b), der in der Holzfaser zur secundären Faserwand sich entwickelt hat (daselbst Fig. 33 c—f).

Seite 177 Fig. 22 bezeichnet $\frac{h}{b}$ die durch die permanenten Mutterzellen Fig. 28 m m gebildete Grenze zwischen dem jungen Holzkörper $\frac{h}{b}$ f und dem jungen Bastkörper $\frac{h}{b}$ m. Wie auf der Seite des Holzkörpers die Holzröhren d d (Seite 228 Fig. 41, 1) aus einer Verschmelzung von Faserzellen hervorgehen, wie im Umfange dieser Holzröhren linsenräumig getipfelte Holzfasern ꝛc. (Seite 228 Fig. 41, 2) sich herausbilden, während andere Fasern zu Zellfasern z z (Fig. 41, 4) die meisten zu cylindrisch getipfelten Holzfasern (Fig. 41, 3) sich entwickeln, so bilden sich auf der Seite des jungen Bastkörpers unter denselben Umbildungsvorgängen ähnliche, aber siebförmig getipfelte Organformen, die ich Seite 177 Fig. 22 mit denselben Buchstaben wie im Holzkörper bezeichnet habe: die Siebröhren d = Seite 228 Fig. 41, 5, die Siebfasern x = Fig. 41, b und die Siebzellfasern z = Fig. 41, 7. Man könnte die Bastbündelfaser (Fig. 41, 8) als ein, der cylindrisch getipfelten Holzfaser (Fig. 41, 3) analoges Gebilde betrachten, allein letztere ist entschieden protomorph, erstere eben so entschieden metamorph, d. h. aus vorgebildeten Siebfasern und Siebzellfasern hervorgehend.

Alle einjährigen, aber nur eine geringe Zahl mehrjähriger Holzpflanzen (Fraxinus, Populus, Pinus) bilden in ihren Bastschichten nur Siebfasergewebe, abgesehen vom primären, in die Rinde tretenden Bastfaserbündel (Taf. I. Fig. 2, h—i). Die meisten mehrjährigen Holzpflanzen entwickeln außer diesem primären Bastbündel in jeder Jahreslage des Bastes eine oder mehrere concentrische, durch die Markstrahlen unterbrochene Schichtungen von Bastfaserbündeln, deren Seite 177 Fig. 22 zwei, bei m und a, außer den primären Bündeln t dargestellt sind. Bereits Seite 231 habe ich gesagt, daß diese sehr langstreckigen, dickwandigen, in den Bündeln ganz ungeordneten Fasern metamorphische Organe seien, die aus vorgebildeten Siebfasern entstehen und in ihrer gegenseitigen Verästelung das bilden, was wir den Bast nennen. Versenkt man den Bastkörper der Linde, Rüster, Papiermaulbeeren ꝛc. längere Zeit in stehendes Wasser, so verfaulen sowohl das Zellgewebe der Markstrahlen, als das zwischen den Bastfaserbündeln lagernde Siebfasergewebe (Seite 177 Fig. 22, f—g), es bleiben nur die Bastbündel (m, a, t) unverletzt; sie trennen sich schichtenweise wie die Blätter eines Buches (daher „liber") in jeder Schicht den Zusammenhang durch gegenseitige Verästelung bewahrend, wie dieß jedes kleine Stückchen Bast recht gut erkennen läßt. In annuellen, bastbündelreichen Pflanzen, wie Hanf, Lein, Nessel ꝛc. sind die Markstrahldurchgänge viel seltner, länger und schmäler, die Fasern legen sich geradliniger aneinander, trennen sich leichter und liefern dadurch, wie durch die Länge ihrer Fasern, das bekannte Material zum Verspinnen.

Das System der Bastfasern sowohl wie das Siebfasergewebe erleidet vom Jahre der Entstehung ab einen Zuwachs durch Zellenmehrung nicht mehr. Der Bastkörper 1 a Seite 177 Fig. 21 im einjährigen Triebe besitzt schon die Größe, wie derselbe Theil 1 f im sechsjährigen Triebe. Der mit zunehmender Dicke des Triebs nothwendig sich erweiternde Raum zwischen je zweien gleich alten Bastbündeln füllt sich bis zu einem gewissen Alter durch fortdauernde Zellenmehrung des zwischenliegenden Markstrahlgewebes. Kräftige, frische Triebe der Linde von ein= bis sechsjährigem Alter, mit der Lupe auf scharfen Querschnitten betrachtet und verglichen, zeigen dieß am schönsten. Erlischt im Verfolg des Wachsthums die Zellenmehrung dieses Gewebes, so wie des Rindezellgewebes, dann müssen nothwendig Längsrisse im Rindekörper entstehen, die bis zur Tiefe des noch mehrungsfähigen Markstrahlgewebes einschneiden, mit dem Absterben desselben von außen nach innen sich successiv vertiefend, im Verhältniß der Größe des jährlichen Dickezuwachses an Holz und Bast sich erweiternd; es bildet sich eine rissige äußere Umhüllung des Baumes, die wir „Borke" nennen. Mit dem Aufhören der Zellenmehrung im Zellgewebe der Rinde und der äußeren Markstrahlenden beginnt die großartigste aller Resorbtionserscheinungen, indem allmählig das ganze Zellgewebe der grünen Rinde verschwindet, so daß die ältesten, äußersten Bastlagen unmittelbar dem Korkgewebe sich anlegen (s. die Note Seite 222). Dem folgt dann ein von Außen nach Innen fortschreitendes, relatives Absterben der Bast= und Markstrahlzellen, es bildet sich die, nur aus Bastschichten und Markstrahlzellen bestehende Borke, die ich zum Unterschiede anderer Borkebildungen „Bastborke" genannt habe (Eiche, Esche, Rüster (z. Th.) Pappel, Weide, Linde, Kiefer, Lärche ꝛc.). Ueber die, dem relativen Absterben der Bastschichten vorhergehende Zwischenbildung von Korkschichten habe ich bei der Betrachtung des Korkzellgewebes ausführlich gesprochen (Seite 221).

Abgesehen von den Funktionen des Bastkörpers in Bezug auf die eigene Fortbildung, dient derselbe, in Bezug auf die ganze Pflanze, der Rückleitung des durch die Blätter bereitenden Bildungssafts in alle tieferen Pflanzentheile. Es geht dieß hervor, nicht allein aus dem weiterhin dargelegten Einflusse von Ringwunden auf die Ernährung und Fortbildung aller tieferen Baumtheile, sondern auch aus dem Seite 196 dargelegten Verhalten des Bastsafts aus Schröpfwunden. Ich werde weiter unten die Belege dafür liefern, daß auch der im Holzkörper aufsteigende, aus Reservestoffen restituirte, secundäre Bildungssaft, durch die extremen, oberen Baumtheile in den Bast übergehen müsse, um, wie der primäre Bildungssaft in diesem rückschreitend, von da aus allen zu ernährenden Baumtheilen zugehen zu können.

Die Fortbewegung des rückschreitenden Wandersafts geschieht ausschließlich im Siebfasergewebe der Bastschichten. In den anastomosirenden Siebröhren der Ahorne läßt sich die strömende Bewegung dieses Safts bis in das Blattgeäder hinein unmittelbar beobachten. Welche Rolle hierbei den Siebfasern zugetheilt ist, vermag ich bis jetzt noch nicht anzugeben. Die Zellfasern des Bastes speichern im Winter Reservestoffe wie die Zellfasern des Holzes, vorherrschend Gerbstoff. Ueber die physiologische Bedeutung

der Bastbündelfasern vermag ich bis jetzt noch gar nichts Thatsächliches zu berichten, als daß sie dem dünnwandigen Fasergewebe des Bastes zur Stütze dienen.

Der Säfteleitung nach oben dient der Bast nirgends und zu keiner Zeit. Es beschränkt sich dieselbe unbedingt auf den Holzkörper der Bäume.

f. Abweichungen von Vorstehendem im Bau der Blattstiele und der Blätter.

Blattstiel und Blatt bestehen aus einem einzelnen (Nadelhölzer) oder aus einer Mehrzahl vom Triebe ausgeschiedener Faserbündel, deren Zusammensetzung aus einem Holzkörper und aus einem Bastkörper, deren Elementarorgane in Form und Bildung wesentlich dieselben sind, wie wir sie im Faserbündel des Stengels vorfinden. Die, meist in der Mehrzahl im Halbkreise vom Triebe abweichenden Faserbündel vereinen sich im Blattstiele nicht selten zu einem völlig geschlossenen Bündelkreise, von normalem Rindegewebe umgeben und einen centralen Markkörper einschließend. In der Blattscheibe öffnet sich der Bündelkreis wiederum zur Flächenlagerung der sich trennenden Bündel, die dann untereinander vielfach sich verästeln und ein Netzwerk von Faserbündeln darstellen, dessen Theile wir als Kiel, Rippen, Unterrippen und Blattgeäder unterscheiden, ohne daß sich hieran ein anderer anatomischer Unterschied, als der der abnehmenden Größe und der abweichenden Richtung knüpft. Allseitig ist dieß Netzwerk von Faserbündeln, auch wohl „Adernetz" genannt, von parenchymatischem Zellgewebe umgeben, dieß letztere beiderseits von Oberhaut bekleidet.

Denkt man sich sämmtliche Blätter eines reich belaubten Triebes diesem selbst in nach oben gewendeter Richtung angelegt, ungefähr so, als wenn man einen Federbusch, mit dem Stiele voran, in eine enge Papierhülse steckt, denkt man sich, abgesehen von dem zwischenliegenden Triebe, dieß Fasernetz aller Blätter zu einem Bündelkreise vereint, das Zellgewebe aller oberen, jetzt inneren Blattflächen zu einer Markmasse, das Zellgewebe aller unteren, äußeren Blattflächen zu einem Rindekörper verschmolzen, so repräsentirt das Fasernetz aller Blätter für sich den Holz- und Bastkörper eines Triebes, das Zellgewebe zwischen dem Faserbündelnetze repräsentirt das Markstrahlgewebe des wirklichen Triebes; die inneren Blattflächen entsprechen dem Marke, die äußeren, unteren Blattflächen entsprechen der Rinde. Dem entsprechend werden wir die, dem Rindesysteme angehörenden Spaltdrüsen auf der Unterseite der Blätter vorfinden, wie das in der Wirklichkeit auch der Fall ist, abgesehen von einzelnen Ausnahmen, in denen auch die obere oder Lichtseite der Blätter eine, meist viel geringere Zahl von Spaltdrüsen trägt. Dem entsprechend ist der Bastkörper jedes Faserbündels der unteren (äußeren) Blattfläche zugewendet. Dem entsprechend treten Unterschiede in der Bildung des Zellgewebes beider Blattseiten auf, darin bestehend, daß das, dem Marke entsprechende Zellgewebe der oberen oder Lichtseite des Blattes, aus dicht gedrängten und gestreckten Zellen besteht, während die unteren Zellenschichten durch eine außergewöhnliche Erweiterung der Intercellularräume zu sternförmigem Zellgewebe geworden sind. Die Blatt- und Blattstieldurch-

schnitte, die ich in meiner Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen Taf. 2 (Fichte), Taf. 18 Fig. 15 bis 17, Taf. 30 (Kiefer), Taf. 28 und 45 (37) (Birke) gegeben habe, mögen das Weitere erläutern. Hier muß ich mich darauf beschränken, die Analogien zwischen den Organsystemen des Blattes und des Stengels angedeutet zu haben, damit der Leser Schlüsse ziehen könne aus dem Baue des letzteren auf den des Blattes, dessen physiologische Bedeutung ziemlich klar ausgesprochen ist, in der meist flächenförmigen Verbreitung der Blattscheibe, in deren Verhalten zum Lichte, wie in der Kohlensäureaufnahme, Sauerstoff- und Wasserdunstausscheidung desselben, denen zu Folge das Blatt betrachtet werden muß als ein, der Lichtwirkung in höherem Grade als alle übrigen Pflanzentheile zugängliches Organ, durch das die Pflanze zugleich ihre Außenfläche alljährlich um das Vielfache vergrößert, um den atmosphärischen Nährstoffen eine große Berührungsfläche darzubieten, um reichliche Mengen überschüssig aufgenommener Feuchtigkeit der Atmosphäre zurückzugeben, durch das endlich der Standort vor mancherlei widrigen Einflüssen geschützt und dem Boden alljährlich ein beträchtlicher Theil, der Atmosphäre und dem Boden entzogener Stoffe, im Blattabfalle als Dungmaterial zurückgegeben wird, ohne die er in seiner Fruchtbarkeit sich nicht erhalten kann. Ueber das Verhalten der Blätter zu den Wandersäften der Pflanze habe ich Seite 196 meine Ansichten ausgesprochen.

g. Abweichungen von Vorstehendem im Bau der Wurzel.

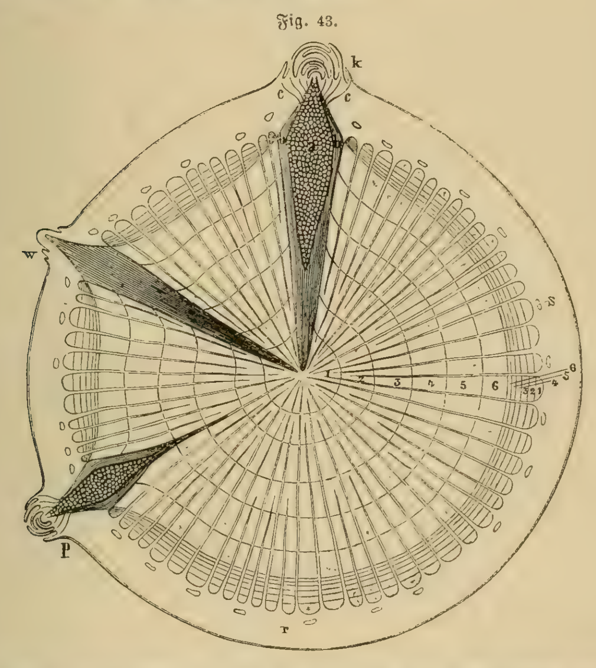
Wir haben gesehen (Seite 174), daß die Umbildung der Zellen zu Fasern im Stengel bündelweise geschieht und daß die Faserbündel um einen inneren, cylindrischen, zellig bleibenden Markkörper sich gruppiren. Das ist in der Wurzel nicht der Fall. Alle Faserbündel des Bündelkreises im Stengel vereinen sich in der Wurzel zu einem centralen Faserbündel. Es fehlt der Wurzel daher die Markröhre. Sie besteht aus einem centralen, alljährlich wie der Stamm durch concentrische von Markstrahlen durchsetzte Jahreslagen sich verdickenden Holzkörper, aus Bastschichten und Rinde, deren Bau und Entwickelungsverlauf im Wesentlichen dieselben sind wie im Stengel, nur daß der Wurzel die Spaltdrüsen gänzlich fehlen.

Ein sehr wesentlicher und folgenreicher Unterschied zeigt sich aber in den Ausscheidungen. Wir haben gesehen: daß am Stengel dieselben hervorgehen, theils aus einer nach außen gerichteten Abzweigung einzelner Faserbündel oder Faserbündeltheile (Blattausscheidung Seite 133), theils aus einer Verästelung derselben in der Blattachsel (Knospenbildung Seite 144). Dieß hat ganz allgemein eine schräg nach oben gewendete Stellung der Ausscheidungen zur Folge, die zugleich nach bestimmten Gesetzen auftreten und sich wiederholen. Daher die Uebereinstimmung in Blattstellung, Beastung und Verzweigung der Pflanzen gleicher Art. Es können die Ausscheidungen am aufsteigenden Stocke endlich nur am einjährigen, krautigen Triebe entstehen, daher denn auch, abgesehen von Reproduktions-Erscheinungen, den älteren, unverletzten Theilen des aufsteigenden Stockes die Fähigkeit mangelt neue Blätter und Knospen zu treiben. Wo ein Wiederausschlag von älter

als einjährigen Theilen des aufsteigenden Stockes stattfindet, da entspringt er entweder einer bereits am krautigen Triebe gebildeten aber in der Entwickelung nach außen bis dahin zurückgehaltenen Blattachselknospe (schlafende Augen — Cryptoblaste), oder er setzt eine vorhergegangene Verwundung und Rindeverjüngung voraus, in deren krautiger Substanz sich neue Knospenkeime bilden können (Adventivknospen).

Ganz anders verhält sich dieß in der Wurzel. Hier ist es keine einfache Verästelung und Ausscheidung von Faserbündeln des Bündelkreises, dem die Wurzelknospen und die Wurzelverästelung entspringt, sondern es ist das Zellgewebe eines vorgebildeten Markstrahls, das sich zur Grundlage des Wurzelkeims umbildet und in sich durch Zellenwandlung das centrale Faserbündel des neuen Wurzelastes entwickelt.

Fig. 43.



In der vorstehenden Figur 43 gebe ich den Querschnitt eines sechsjährigen Wurzelstranges der Pappel. Die Markröhre fehlt. Den sechs, durch ältere und jüngere Markstrahlen durchsetzten Holzringen schließen sich eben so viele schmälere Bastlagen an, deren gleichzeitige Entstehung mit den Holzlagen durch gleiche Zahlen bezeichnet ist. In der die Bastlagen umschließenden Rinde (r) stehen vor den Bastlagen so viele primitive Bastbündel (h—i Seite 177) als der innerste Holzring Markstrahlen zählt, da mit dem Hinzutreten neuer Markstrahlen in späteren Jahren nicht gleichzeitig auch eine Theilung oder Mehrung dieser primären Bastbündel stattfindet. Drei der Markstrahlen haben sich zu Grundstücken neuer Wurzelkeime (w) oder neuer Wurzelbrutknospen k p ausgebildet, von denen die

obere (k) schon in der einjährigen Wurzel, die untere (p) erst in der vierjährigen Wurzel ihre Grundlage ausbildete. Der Unterschied zwischen Wurzel- und Wurzelbrutknospe besteht, wie die Figur andeutet, nur darin, daß in ersterer (w) alle Organe zu Fasern sich umgebildet haben, die Markröhre fehlt, während in der Wurzelbrutknospe (p k) ein innerer Complex zu Markgewebe (a) sich ausgebildet hat, wodurch das dieses umgebende Fasergewebe, zu einem Bündelkreise geordnet, wie die Knospenkeime des aufsteigenden Stockes zu Blattausscheidungen (c c) und zu Blattachselknospenbildung geschickt wird, in allem außer der zur Achse des Wurzelstücks rechtwinkligen Stellung seiner Basis, einem Triebe des aufsteigenden Stockes gleich sich fortbildet.

Diese Abweichungen im Ursprunge der Wurzelausscheidungen haben nun nachstehende Abweichungen in der Entwickelung der Wurzel zur Folge.

a) Die Basis jeder Wurzel oder Wurzelbrutknospe steht nicht diagonal, sondern rechtwinklig zur Längenachse der Wurzel, der sie angehört.

b) Die Entstehung neuer Wurzelkeime ist nicht auf die jüngsten Wurzeltriebe beschränkt oder an eine vorangegangene Wurzelverletzung und Rindeverjüngung gebunden (obgleich auch an der Wurzel Adventivwurzel- oder Wurzelbrutknospen auf diesem Wege entstehen können und an Pflänzlingen häufig entstehen), sondern es können auch an älteren unverletzten Wurzeltheilen jederzeit in deren jüngsten Jahreslagen neue Wurzelkeime im Markstrahlgewebe sich bilden, eine Eigenthümlichkeit, die, wenn sie nicht bestände, die Erfolge des Pflanzgeschäfts in hohem Grade verkümmern würde.

c) Der Wurzel fehlt jene, dem aufsteigenden Stocke eigenthümliche Gesetzmäßigkeit in Zahl und Stellung der Ausscheidungen, die hier bei weitem mehr dem gegebenen Entwickelungsraume und dem Bedarfe sich anpaßt. Damit fehlt dann auch die Internodialbildung und selbst die äußere Begrenzung der einzelnen Jahrestriebe.

d) Pflanzen mit endständiger, schon in der Knospe vorgebildeter Blüthe (Acer, Aesculus etc.) lassen erkennen, daß hier der ganze Längenzuwachs eines jeden Jahres durch Zwischenbildungen und Zellenwachsthum erfolgt, in Folge dessen vorgebildete Organe eine Ortsveränderung erleiden, der im Boden die Festheit desselben entgegentreten würde, daher die Wurzel in der That nur an ihrer Spitze sich verlängert.

Ein letzter Unterschied der Wurzel besteht darin, daß die Wände der Holzfasern viel dünner sind als im oberirdischen Baume. Die Wurzel ist der Hauptablagerungsort der Reservestoffe. Sie finden sich hier auch in einfachen Holzfasern da, wo diese im Stamme kein Mehl führen. Diese Weiträumigkeit der Fasern steht sicher in Beziehung zur Aufnahme möglich großer Mengen von Stärkmehl. Dieß ist zugleich der Grund, weßhalb das Wurzelholz so sehr viel leichter ist als das Stammholz, wenn der Baum zu einer Zeit gefällt wurde, in der die Reservestoffe gelöst sind.

Ueber die Unterschiede der Triebwurzeln, Faserwurzeln und Kräutsprossen habe ich schon Seite 157, über die Funktion der Wurzeln Seite 191 gesprochen. Beachtenswerth ist das Vermögen der Wurzeln, im Boden denjenigen Orten sich vorzugsweise zuzuwenden, an denen ihnen die nöthige Feuchtigkeit und Nahrung sich darbietet. Daß dieß nicht etwa Folge der

günstigeren Ernährungsverhältnisse ist, sondern, wie das Streben der Blätter und Triebe nach dem Lichte auf einer inneren Ursache beruht, geht einfach aus der Thatsache hervor, daß im feuchten, fruchtbaren Boden die Wurzelentwickelung stets eine geringere ist, als im trockenen, unfruchtbaren Boden. In letzterem sendet die Kiefer ihre Wurzelstränge oft 30—40 Schritte weit aus, um durch Aneignung eines größeren Ernährungsraumes den Nahrungsmangel zu ersetzen, während im fruchtbaren Erdreich ihre Bewurzelung auf wenige Quadratruthen Flächenraum sich beschränkt. Auf gleichem Boden und bei gleicher Fruchtbarkeit der oberen Bodenschichten durch aufgetragene Rasenasche dringt die Kieferwurzel tief in den Boden, wenn zugleich der Untergrund durch Riolen befruchtet wurde; sie bleibt mit kurzer Bewurzelung in der Bodenoberfläche, wenn letzteres nicht geschah.

h. Die Reservestoffe.

Wir haben Seite 180 gesehen, daß dem Embryo im Samenkorne von der Mutterpflanze eine größere oder geringere Menge organischer, meist organisirter Stoffe, hauptsächlich Stärkmehl, Klebermehl und Oel, seltener Chlorophyll und Gerbstoff mitgegeben werde, daß diese Stoffe im Keimungsprocesse gelöst und umgewandelt, in Bildungssaft zurückgeführt, die erste Nahrung des Embryo sind, wenn dieser aus der Samenruhe erwacht. Sie bilden zusammengenommen einen Vorrath von Reservestoffen, welche die Mutterpflanze dem Embryo beigegeben hat.

Der Vergleich des Gewichts dieser Reservestoffe im Samenkorne der Birke, Weide, Akazie mit dem Trockengewichte der einjährigen Pflanze ergibt ohne Weiteres, daß dieselben bei weitem unzureichend sind zur Vollendung des Zuwachses der einjährigen Pflanze, daß diese selbst Rohstoffe in Bildungssäfte umwandeln muß, zur Vollendung des erstjährigen eigenen Wuchses. Indeß ist es selbst hier wenigstens zweifelhaft, ob eine unmittelbare Verwendung primärer Bildungssäfte auf Zellenmehrung und Zellenwachsthum stattfinde. Die in der Entwickelung stehende Samenpflanze enthält in ihren älteren der neu gebildeten Theile auch im ersten Jahre bedeutende Mengen von Stärkmehl, und es könnte wohl sein, daß auch in ihr der Rohstoff die verschiedenen Umbildungsstufen in primären Bildungssaft, Reservestoff, secundären Bildungssaft durchlaufen muß, ehe er auf Zellenmehrung und Zellenwachsthum verwendet werden kann, daß der Unterschied hierin zwischen ein- und mehrjähriger Pflanze sich auf einen rascheren Verlauf der Wanderung und der Umbildungen beschränke. Bestärkt wurde ich in dieser Ansicht durch die Ergebnisse einer meiner neuesten Untersuchungen, denen zu Folge auch an alten Holzpflanzen die Stärkemehlablagerung im noch unfertigen Jahrringe schon 6—8 Tage nach Abschnürung der Holzfaser beginnt.

Wie dem auch sei, so ist es andererseits unzweifelhaft, daß die einjährige Holzpflanze bei weitem mehr Rohstoffe der Ernährung aus Boden und Luft aufnimmt und verarbeitet, als zu ihrer eigenen Ausbildung nöthig sind. Der Ueberschuß verarbeiteter Bildungsstoffe wird aber gegen Ende der erstjährigen Wachsthumsperiode nicht mehr auf Zellenmehrung und Zellenwachsthum verwendet, sondern er verwandelt sich, wie in den Zellen

der Samenlappen oder des Albumen der Samenkörner, so in bestimmten Zellformen der einjährigen Pflanze in dieselben Reservestoffe, die wir auch im Samenkorne vorfinden, mit dem Unterschiede, daß das Stärkmehl und der feste Gerbstoff bei weitem vorherrschen, Klebermehl und Oel nur in geringen Mengen auftreten, dagegen häufiger eine bedeutende Menge zuckerhaltiger Säfte dem Zellgewebe verbleiben, die ich im Samenkorne nie vorgefunden habe. [1]

Wie die Mutterpflanze Reservestoffe für den Embryo, so bereitet die einjährige Pflanze Reservestoffe für die Entwickelung der zweijährigen Pflanze, die sich in größter Menge in der Wurzel, reichlich in den jüngsten Trieben, weniger reichlich in den älteren Theilen des aufsteigenden Stockes ablagern. Das Rindegewebe der Wurzel, das Markgewebe des Stengels, das Markstrahlgewebe beider und die Zellfasern sind die Hauptablagerungsorte der Reservestoffe, doch verwandelt sich häufig auch das Chlorophyll der oberirdischen Rinde gegen den Herbst ganz oder theilweise in Stärkmehl und auch das Siebfasergewebe ist häufig theilweise damit versehen.

Wie die amorphen, flüssigen Reservestoffe (Zucker-, Gummi-, Schleim-Lösungen, Oele — vielleicht gehören auch die Harze dahin) entstehen, wissen wir zur Zeit noch nicht. Ueber die Entstehung der organisirten Reservestoffe: Stärkmehl, Klebermehl, Chlorophyllkörner, Chlorogen- und Cellulosekörper, Saftbläschen ꝛc. habe ich meine Untersuchungen in einer besonderen Arbeit: Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims, Leipzig 1858, zusammengestellt und die Vermuthung ausgesprochen, daß die amorphen Reservestoffe Umwandlungsprodukte sind vorgebildeter organisirter Reservestoffe.

i. Sekrete.

Außer den vorgenannten, theils flüssigen, theils festen und organisirten Körpern, die ich, ihrer periodisch erfolgenden Auflösung und endlichen Verwendung auf Zellenbildung wegen, Reservestoffe genannt habe, dahin an organisirten Körpern das Stärkmehl, Inulin, Klebermehl, den Gerbstoff, bedingt auch das Chlorophyll, an nicht organisirten Körpern Zucker, Gummi, Pflanzenschleim und die in Säfte gelösten Proteinstoffe: Eiweiß, Käsestoff, Faserstoff zählend, gibt es noch eine Reihe nicht organisirter Stoffe, deren periodische Wiederauflösung und Verwendung nicht nachweisbar ist. Es gehören dahin die flüchtigen Oele, die Harze, das Wachs, mannigfaltige Farbstoffe der Blüthen, die Zwischensubstanz, durch welche die Holzfasern untereinander verkittet sind, das Xylochrom der Kernholzfaser und

[1] Den Wintersaft verschiedener Holzpflanzen stelle ich dadurch dar, daß ich frisch gefällte Stammstücke von 8—10 Centim. Dicke und 1 Meter Länge am oberen Abschnitte mit einer 1—1 $^1/_2$ Meter hohen Glasröhre luftdicht verbinde, um durch diese den Druck einer so eben hohen Wassersäule auf die obere Schnittfläche wirken zu lassen, der den Holzsaft aus der unteren Schnittfläche austreibt. Auf diese Weise gewonnene Wintersäfte lassen bei verschiedenen Holzarten einen $^1/_4$ bis 7 Proc. des Saftes betragenden, syrupartigen Rückstand, aus dem sehr verschiedene Krystallformen verschiedener Zucker- und Gleisarten ausscheiden. Am zuckerreichsten ist der Winterholzsaft der Weiden und der Pappeln, nächst diesem der der Nadelhölzer. Dem Eichen- und Akaziensafte ist ein rosarother Farbestoff (Xylochrom), dem Safte aus Aesculus und Ornus ist Aesculinlösung beigemengt. Der Syrup enthält $^1/_{10}$ bis $^1/_3$ des Gewichts im Wasser leicht und vollständig lösliches Gummi.

Krystalle, theils kohlensaurer, kieselsaurer oder schwefelsaurer, theils pflanzensaurer Salze mit unorganischer Base, die besonders reichlich in den Randfasern der Bastbündel, hier und da auch in Zellfasern des Holzkörpers, zum Theil auch in parenchymatischen Zellen abgelagert sind. Der beschränkte Raum gestattet mir nicht, näher auf die Beschaffenheiten und Eigenschaften dieser Körper einzugehen.

k. Die Winterruhe.

Der Zeitraum, welchen die einjährige Pflanze vom Keimen ab bis zu völliger Ausbildung in Anspruch nimmt, ist in den Ebenen und Vorbergen Deutschlands bei den Laubhölzern ein viermonatlicher, bei den Nadelhölzern ein dreimonatlicher. Nach Ablauf dieses Zeitraums ist die Pflanze wenigstens so weit erstarkt, daß ihr Frühfröste nicht mehr nachtheilig werden. Es können daher Pflanzen, die erst im Juni keimen, noch sehr wohl ihre volle Ausbildung erreichen. Auch scheint es mir aus einigen Beobachtungen, daß dieß früher der Fall sei bei späterem Keimen, vielleicht in Folge der höheren, die Entwickelung beschleunigenden Sommerwärme. Eichen, die erst im September keimten, haben im vorigen Winter nicht gelitten, obgleich die Kälte auf 10⁰ bei Blackfrost stieg.[1] Beschädigungen unserer heimischen Holzpflanzen durch Frühfröste sind mir überhaupt noch unbekannt und mag zur Annahme solcher nicht selten der Umstand beigetragen haben, daß mehrere Holzarten ihre Triebe überhaupt nie völlig ausbilden. (Seite 137.)

Die ausgebildete einjährige Holzpflanze besteht im einfachsten Falle aus der, mit Faserwurzeln mehr oder weniger reichlich besetzten Pfahlwurzel und aus deren Verlängerung nach oben zum Stamme; aus der Endknospe, an deren vollständiger Entwickelung der Zustand der Reife sich erkennen läßt; aus den Blättern und aus den theils hervortretenden, theils versteckten Blattachselknospen, von denen bei einigen Holzarten (Birke, Erle, Ulmen 2c.) einzelne schon im ersten Jahre zu Seitenzweige sich entwickeln, während bei diesen und anderen Holzarten auch die Bewurzelung sich reichlich verzweigt (z. B. Fichte im Gegensatz zur Kiefer). In anderen Fällen, begünstigt durch Standortsverhältnisse, bildet schon die einjährige Pflanze einen zweiten Trieb (Johannitrieb), seltener einen dritten, und selbst vier Triebe, von denen der letzte jedoch nicht fertig geworden, sind mir an exotischen Eichen schon vorgekommen. Die Mehrzahl der in einem Jahre gebildeten Längentriebe hat aber nie eine Mehrzahl von Jahresringen zur Folge (es stünde sonst schlecht mit unseren Zuwachsberechnungen), stets habe ich nur einen mit der normalen Breitfaserschicht schließenden Holzring gefunden. Wenn die oben genannten Organe mit Reservestoffen erfüllt sind, tritt nun, bei uns Ende Oktober oder Anfang November, eine Verminderung der Saftbewegung ein, verbunden mit dem Abfalle der Blätter aller sommergrünen Pflanzen, dem bei den meisten Pflanzen die Bildung einer Schicht von

[1] Leider habe ich es versäumt mich zu überzeugen, ob diese spät gekeimten Eichen vor Eintritt des Frosts verholzten oder mit krautigen Trieben in den Winter gingen. Daß der krautige, unfertige Zustand der Triebe nicht unbedingt den Frosttod nach sich zieht, sehen wir alljährlich am Roggen und am Winterraps.

Korkgewebe an derjenigen Stelle vorhergegangen ist, an welcher der Blattstiel sich vom Stamme trennt, so daß die Blattnarbe schon im Augenblicke ihres Entstehens durch dieß Zellgewebskissen nach außen abgeschlossen ist.[1] Diese Winterruhe der mehrjährigen Pflanze ist zu vergleichen der Samenruhe des Samenkorns; der Winterruhe der Knolle, Rübe, Zwiebel; dem Zustande des gelegten aber noch nicht bebrüteten Eies; dem Winterschlafe einiger Thiere. Der Organismus lebt, sein Leben äußert sich aber nur in dem Widerstande, den er fortdauernd der Einwirkung derjenigen Stoffe und Kräfte entgegensetzt, welche Fäulniß und Verwesung des todten Körpers herbeiführen. Die vorhandenen Säfte können durch Frost zu Eiskrystallen erstarren, ohne daß dieß der Gesundheit der Pflanze nachtheilig wird.

Von der Samenruhe unterscheidet sich die Winterruhe jedoch darin, daß sie keinen gesetzlich bestimmten Zeitraum umfaßt. Während Witterungsverhältnisse auf die Dauer der normalen Samenruhe außer Einfluß bleiben, sehen wir bei milder Winterwitterung in der Regel das Pflanzenleben zur Unzeit erweckt. Plötzlich eintretender Frost hat dann ein Erfrieren gewisser Pflanzen oder jüngeren Pflanzentheile zur Folge, während bei allmäliger Erniedrigung der Temperatur dieß nicht immer der Fall ist. Andere Pflanzenarten sind auch hiergegen unempfindlich.[2]

[1] Sehr wahrscheinlich ist es die zwischen Blattstielnarbe und Blattstielbasis sich entwickelnde Korkschicht, welche zunächst den Zufluß der Säfte zum Blatte vermindert und eine noch wenig erforschte Veränderung des Zelleninhalts der Blätter, somit die bekannten, dem Blattabfalle vorhergehenden Farbeveränderungen, endlich das Abstoßen des Blattstiels selbst zur Folge hat.

[2] Der dießjährige milde Winter gab mir Gelegenheit zu nachfolgendem Experiment. Eine 1 Mtr. hohe, reich benadelte Fichte wurde zu Winters Anfang mit dem Ballen in einen großen Kübel gesetzt. In einen ganz gleichen Kübel wurde ein dicht daneben entnommener Erdballen ohne Pflanze eingesetzt und das Gewicht beider gefüllten Kübel bestimmt, um aus späteren Gewichtdifferenzen entnehmen zu können, ob Verdunstung durch die Pflanze auch im Winter stattfinde. In allen Frostperioden war die Verdunstung beider Kübel genau dieselbe, von dem Augenblicke an, in welchem man eine Erstarrung des Bodenwassers zu Eis annehmen konnte. In allen Wärmeperioden fand eine Mehrverdunstung durch die Pflanze von dem Augenblicke an statt, in welchem man das Wiederaufthauen des Bodenwassers annehmen konnte. Rasch vorübergehende geringe Kältegrade, die ein Gefrieren des Bodenwassers nicht mit sich führten (Nachtfröste), störten die Verdunstung nicht, die im Januar bei einer bis zu 10° R. gesteigerten Wärme einen Mehrverlust des bepflanzten Kübels bis zu $^1/_4$ Pfund per Tag ergab. Da diese Mehrverluste an Gewicht des bepflanzten Kübels, zwischen $^1/_{10}$ bis $^1/_4$ Pfund per Tag schwankend, durch alle Wärmeperioden des ganzen Winters hindurch fortdauerten, da die Pflanze gesund und kräftig blieb, so muß mit der Verdunstung auch eine dem Gewichtverluste entsprechende Wasseraufnahme durch die Wurzeln aus dem Boden verbunden gewesen sein. Da auch die Fichte, in der Periode des Wachsens, durch Spätfröste getödtet wird, da sie im Winter trotz fortdauernder Aufnahme und Verdunstung von Wasser, von wechselndem Froste nicht leidet, so folgt daraus die Unabhängigkeit der Aufsaugung und Verdunstung von den vitalen Verrichtungen der Stoffbildung und Stoffwandlung, und nur diese letzteren scheinen es zu sein, die unter zu niederen Wärmegraden leiden.

Daß auch Laubhölzer im Winter verdunsten, mithin auch eine Saftaufnahme und Saftbewegung besitzen, glaube ich aus folgendem Experiment entnehmen zu dürfen. Ein Rothbuchen-Reidel wurde im Januar bei 2–4° Tageswärme und geringer Morgenkälte bis dicht vor die entgegengesetzte Rinde durchbohrt und in die Mündung des Bohrlochs die luftdicht schließende Mündung einer tubulirten Retorte eingebracht, darauf die Retorte mit holzsaurem Eisen gefüllt und luftdicht verkorkt. Es konnte daher ein äußerer Luftdruck auf die

Im Winter verringert sich der Umfang der Stämme bei starker Kälte um 3—4 Proc. Tritt die Kälte plötzlich ein, so daß die äußeren Holzschichten rascher als die inneren erkalten und sich zusammenziehen, so hat dieß oft ein Aufreißen der Stämme in der Richtung ihrer Längenfasern zur Folge, bekannt unter dem Namen der Frostrisse oder der Frostspalten. Auf die Gesundheit und Zuwachsfähigkeit der Bäume haben dieselben nicht nothwendig einen erkennbar nachtheiligen Einfluß, schaden aber allerdings dem Gebrauchswerthe des Holzes. Es mag auch wohl sein, daß hier und da durch den Frost saftreiche Zellen zerrissen werden, sichere Beobachtungen in dieser Hinsicht liegen, so viel ich weiß, nicht vor. Sicher ist aber auch dieß nicht Ursache des Erfrierens, das nur dann eintritt, wenn durch unzeitig erhöhte Temperatur die Pflanze aus ihrem Winterschlafe erweckt wurde. Das Erfrieren ist dann Folge einer Ertödtung des in der Umbildung begriffenen Pflanzensafts und einer rasch eintretenden Zersetzung desselben. Tropische Gewächse und selbst einheimische Pflanzen, die lange Zeit in Warmhäusern gezogen wurden, erleiden diese Ertödtung des Safts schon bei 3—4 Wärmegraden, wogegen im Freien wachsende Ahorne, die den ganzen Winter hindurch bluten, sowie die Temperatur 4° R. übersteigt, in raschem Wechsel vorher und nachher gefrieren können, ohne daß dieß irgend einen nachtheiligen Einfluß auf ihre Gesundheit mit sich führt.

Es ist eine bekannte Thatsache, daß junge Holzpflanzen, die ihre Jugend in starker Beschützung durch den Mutterbestand erwuchsen, leichter erfrieren als solche, die von Jugend auf in vollem Lichtgenusse erwuchsen. Wir sagen „die Pflanze sei durch den Schutz verweichlicht.“ Als Bild mag man sich dieses Ausdrucks bedienen, man darf ihm aber nicht die Bedeutung beilegen, in welcher wir ihn auf den thierischen Körper anwenden, da er hier mit dem Stoffwechsel in nächster Beziehung steht, der Pflanze aber dieser Stoffwechsel fehlt (Seite 125). Welches der innere Grund des „Verweichlichens“ der Holzpflanzen sei, ist uns zur Zeit noch unbekannt.

F. Die Ausbildung der einjährigen zur zwei- und mehrjährigen Pflanze.

a. Ernährung.

Wir verließen die einjährige Pflanze als einen mit Blättern, Knospen und Wurzeln ausgestatteten Stamm, der nun zum Träger eines im folgenden Jahre sich fortsetzenden Zuwachses wird und zwar: theils durch Entwickelung eines neuen Längentriebes aus der Endknospe (Seite 134, 200); theils durch Einschachtelung einer neuen Holzschicht und einer neuen Bastschicht zwischen den vorgebildeten Holz- und Bastschichten (Seite 177); bedingungsweise durch Entwickelung eines Theils seiner Seitenknospen zu Seitenzweigen, während die nicht zur Zweigbildung gelangenden Seitenknospen durch intermediären Längenzuwachs sich auf unbestimmte Zeit lebendig erhielten (Seite 148, 150). Neue Blätter und neue Knospen bilden sich in

Flüssigkeit nicht einwirken. Demungeachtet war nach zwei Tagen die Retorte von Flüssigkeit leer und mit Luft aus dem Baume erfüllt, die Eisenlösung 5 Fuß hoch im Baum aufgestiegen.

derselben Weise wie an der einjährigen Pflanze, im normalen Verlauf der Entwickelung nur an den neuen Längen- und Seitentrieben; neue Wurzeln können hingegen auch an den älteren Wurzeltheilen und zwar an jeder Stelle derselben entstehen, die einen Markstrahl zur Unterlage hat (Seite 246).

Die einjährige Pflanze ist aber nicht allein der Träger aller nächstjährigen Bildungen, sie ist auch die Ernährerin derselben, durch die in ihr niedergelegten Reservestoffe, die sich zur Produktion des zweiten Jahres ebenso verhalten, wie die Reservestoffe in den Samenlappen der Eichel zur Produktion der einjährigen Pflanze, während die Wurzeln und Blätter der zweijährigen Pflanze neue Reservestoffe für die Produktion des dritten Jahres schaffen. Es greifen daher, in jedem Jahre des Lebens der Holzpflanze, zwei Ernährungserscheinungen ineinander: die Consumtion der Reservestoffe aus dem vorhergehenden Jahre und die Bildung neuer Reservestoffe für das nächstfolgende Jahr. In Bezug auf Erstere sind die jährlichen Neubildungen der Pflanze Säugling der vorjährigen, in Bezug auf Letztere bilden sie sich zur Amme der nächstjährigen Produktion, in ähnlicher Weise, wie die Kartoffelstaude aus den Reservestoffen der Mutterkartoffel sich entwickelt, während sie gleichzeitig neue Knollen für nächstjährige Stauden bildet.

Mit Eintritt der Winterruhe ist die einjährige Holzpflanze in einen Zustand getreten, in welchem sie viel Uebereinstimmendes mit dem Embryo im Samenkorne während der Samenruhe zu erkennen gibt. Wir haben diese Beziehungen bereits kennen gelernt. Dieselben Reservestoffe, welche dort in den Samenlappen niedergelegt sind, lagern hier im Zellgewebe hauptsächlich der Wurzel. Durch einen der Keimung analogen Vorgang werden diese Stoffe im Frühjahre zu Bildungssäften wieder aufgelöst und im Holzkörper mit dem aufsteigenden Rohsafte emporgetragen, um in den Knospen auf Bildung neuer, belaubter Triebe, zwischen Holz und Bast rückschreitend, auf Bildung neuer Holz- und Bastschichten verwendet zu werden (Frühjahr). Mit vollendeter Consumtion der aus Reservestoffen restituirten Bildungssäfte des vorhergehenden Jahres ist die Belaubung an den daraus entstandenen neuen Trieben so weit entwickelt, daß sie nun Rohstoffe in Bildungssäfte umzuschaffen vermag (Sommer).[1] Diese neu geschaffenen Bildungssäfte werden, wenn nicht sämmtlich, doch größtentheils, zu Reservestoffen für das kommende Jahr aufgespeichert (Herbst); worauf dann die Pflanze von Neuem in die Winterruhe eingeht (Winter).

Wir wollen nun nachfolgend diejenigen Erscheinungen des Baumlebens näher betrachten, die einem jeden dieser Abschnitte des jährlichen Vegetationscyclus angehören.

[1] Sind die Blätter erst im ausgebildeten Zustande befähigt, Rohstoffe in Bildungsstoffe umzuwandeln, dann müssen nicht allein sie selbst, sondern auch die Triebe, an denen sie sich entwickelt haben, und mit diesen auch der gleichzeitig gebildete Jahreszuwachs zwischen Holz und Bast der älteren Baumtheile aus Bildungsstoffen des vorhergehenden Jahres sich entwickeln. Daß diese einfache Schlußfolgerung noch bis heute in der physiologischen Botanik nicht zur Geltung gelangen konnte, daran ist allein der Gehalt des aufsteigenden Holzsafts an organischen Stoffen Schuld, indem man aus ihm die Fähigkeit, Rohstoffe in Bildungsstoffe umwandeln zu können, auch der Wurzelzelle zusprechen zu müssen glaubt (s. Schleiden, Grundzüge Band II. S. 466).

1. Die Frühperiode der Vegetation — Keimungsperiode.

Rufen wir uns zunächst die Keimung des Samenkorns ins Gedächtniß zurück. Wir sahen, daß im Samenweiß oder in den Samenlappen des Embryo eine gewisse Menge von Stärkmehl, Klebermehl, Gerbstoff, Oel als Reservenahrung niedergelegt ist, daß bei einer durchschnittlichen Tagestemperatur von mindestens 8° R. der schlummernde Keim des Samenkorns zur Thätigkeit erwache, daß es aber des Zutritts äußerer Feuchtigkeit und des Sauerstoffs der atmosphärischen Luft bedürfe, um die Rückbildung der Reservestoffe zu Bildungssaft, unter Kohlensäure-Ausscheidung zu vermitteln und dadurch die Keimung zu wecken und zu unterhalten.

Ganz dieselben Erscheinungen bietet uns die einjährige und jede ältere Holzpflanze in der Frühperiode ihrer Vegetation. Die vorhergegangene Winterruhe entspricht vollkommen der Samenruhe des Keimlings. Wie im Samenkorne, an der Rübe, Zwiebel, Knolle, befindet sich die Belaubung der meisten Holzpflanzen den Winter über in einem wenig entwickelten, unfertigen Zustande; wie dort sind auch hier bedeutende Mengen von Reservestoffen aufgespeichert, besonders in der Wurzel, in Rinde und Markzellen des Stammes, in dessen Markstrahlen und Zellfasern, gegenüber dem Samenkorne mit dem Unterschiede, daß hier Stärkmehl den Hauptbestandtheil der Reservestoffe bildet, Klebermehl und Oel nur in sehr untergeordneter Menge, fester Gerbstoff nur bei einigen Pflanzen (Eiche, Rose, Ginster etc.) in bedeutenderer Menge vorhanden sind. Nahe dieselben Temperaturgrade, die der Keimungsproceß erfordert, sind auch nothwendig, um die Holzpflanze aus ihrer Winterruhe zu erwecken. Das Streben des Samenkorns nach Feuchtigkeitsaufnahme erkennen wir wieder im Bluten der Holzpflanzen vor Eintritt äußerer Vegetationserscheinungen und im Aufsteigen des Holzsafts bis zur Spitze der höchsten Bäume. Ob, wie im Keimungsproceß, auch von der Baumwurzel Sauerstoff aus dem Boden aufgenommen werde, wissen wir zur Zeit noch nicht. Die günstigen Folgen der Bodenlockerung können auch ausschließlich auf Beziehungen der Luft zu Bodenbestandtheilen beruhen. Die Produkte der Reservestofflösung im aufsteigenden Holzsafte — Zucker und Gummi — sind dieselben wie die der Keimung des Samenkorns; kurz, der Rückschritt der Reservestoffe zu einem flüssigen, der Wanderung von Zelle zu Zelle fähigen Bildungssafte (den ich secundären Bildungssaft genannt habe, gegenüber dem, unmittelbar nach seiner Bereitung in den Blättern zur Zellenbildung oder Reservestoffbereitung verwendeten, primitiven Bildungssafte) ist derselbe und setzt dieselben Bedingungen voraus, im Samenkorne wie in der ein- oder mehrjährigen Holzpflanze. Die Frühperiode derselben ist eine wahre Keimungsperiode, zu vergleichen auch mit der Entwickelung der Pflanzen aus Knollen, Rüben, Zwiebeln, so weit diese das Material für die Zellenbildung der daraus erwachsenden Pflanze liefern.[1]

[1] Ein Unterschied der durch ihre Knollen gleichfalls mehrjährigen Kartoffelpflanze von unseren Holzgewächsen besteht in dieser Richtung allein darin, daß nur die Knolle bleibend ist, in ihr sich alle Reservestoffe (Mehl) aufspeichern, aus ihr allein die nächstjährigen Neubildungen hervorgehen, während an der Holzpflanze unserer Wälder alle Stammtheile bleibend

Wir haben in dieser Beziehung nachfolgende Erscheinungen des Lebens der Holzpflanzen näher zu betrachten.

a. Die Bewegung des Safts im Holzkörper der Bäume.

Daß die Wurzeln der Holzpflanzen den größten Theil der, dem Pflanzenleben nöthigen Feuchtigkeit aus dem Boden auffaugen, daß die aufgesogene Feuchtigkeit bis zum Gipfel der höchsten Bäume aufsteige, ist keinem Zweifel unterworfen. Das Welken der Blätter und das Verdorren der Aeste, endlich das Austrocknen der ganzen Pflanze bei Wassermangel im Bereich der Wurzeln beweist dieß zu Genüge.

Man war früher der Ansicht, daß auch durch die Blätter Feuchtigkeit aus der Atmosphäre oder aus atmosphärischen Niederschlägen aufgenommen werde. Im trockenen Gemäuer wurzelnde Holzpflanzen,[1] die Saftpflanzen der Wüste, die rasche Erstarkung welker Blätter nach eintretendem Sprühregen schien dafür zu sprechen. Durch nachfolgenden Versuch habe ich das Gegentheil erwiesen. Durchschneidet man mit einer Säge die Splintschicht von Bäumen der Buche, Hainbuche, Birke, Pappel, Weide rund herum bis einige Zoll vor der Markröhre, so hat dieß während der nächsten Jahre keinen merklichen Einfluß auf die Belaubung und auf das Wachsthum des Baumes, weil auch das Kernholz für das aufgenommene Bodenwasser leitungsfähig ist. Unterwirft man Akazien, Eichen, Ulmen derselben Operation, dann erschlaffen die Blätter des Baumes selbst bei Nebel oder Regen in wenigen Stunden, weil das gefärbte Kernholz dieser Holzarten nicht leitungsfähig ist für die aufsteigenden Baumsäfte, deren Emporsteigen im Splinte durch dessen ringförmiges Durchschneiden unmöglich wird. Da dem ohnerachtet die Verdunstung der Blätter fortdauert, müssen Letztere rasch erschlaffen in Ermangelung der Zufuhr den Abgang ersetzender Säfte.

Die Fortdauer der Verdunstung auch nach ausgeführtem Ringschnitt beweist, daß die Verdunstung nicht die Folge eines von unten her wirkenden Druckes sein kann.

Die von den Wurzeln aufgenommene Feuchtigkeit steigt nur im Holzkörper aufwärts; Mark, Rinde, Markstrahlen und Basthaut nehmen an der Aufleitung nicht Theil.

Im Holzkörper der Nadelhölzer, der nur aus Fasern und Markstrahlenzellen zusammengesetzt ist, sind es ohne Zweifel nur erstere, welche den

sind, die Reservestoffe, wenn auch hauptsächlich, doch nicht allein in der Wurzel, sondern auch im Stamme niedergelegt werden, die nächstjährigen Neubildungen aus ihnen, von allen jüngsten Theilen des bleibenden Stammes ausgehen. Die Kartoffelknolle trägt den Keim — die Knospe unmittelbar an sich selbst — zwischen Wurzel und Knospe der Holzpflanzen lagert der Stamm mit seinen Aesten und Zweigen und erheischt die Säftewanderung durch die vorgebildeten Baumtheile.

[1] Während der Zeit meiner Wirksamkeit an der Berliner Universität habe ich auf dem, wohl 5 Mtr. hohen Gemäuer des benachbarten Gießhauses, eine Birke viele Jahre hindurch beobachtet, die auch in den heißesten, trockensten Sommern freudig grünte. Sie war dort in einem unbedeutenden Mauerspalt bis nahe Armesstärke herangewachsen. Es ist schwer anzunehmen, daß, bei der trockenen Luft im Innern des Gießhauses, die Mauer eine, der Pflanze genügende Feuchtigkeit während heißer Sommer bewahrt haben sollte. Berlin kann in Bezug auf Sommerdürre etwas leisten!!

Saft nach oben leiten. Im Laubholze treten zu den Fasern noch die Röhren. Es ist mir bis heute noch zweifelhaft, ob letztere an der Säfteleitung nach oben Theil nehmen. Im Holzkörper der Eichen, Rüstern, Akazien ꝛc. sind die Röhrenbündel in die Holzfasermasse so vertheilt, daß beide, für sich und unvermischt, große Querschnittflächen einnehmen, wie dieß Seite 238 Fig. 42 darstellt. Schneidet man im Frühjahre von belaubten Bäumen einfüßige, 1—2 Zoll starke Walzenstücke mit scharfen Querschnittflächen, erwärmt man die Walzenstücke unter der Schnittfläche in der umschließenden Faust, so wird man finden, daß anfänglich nur die Complexfläche der cylindrisch getipfelten Holzfasern durch hervorquellenden Saft naß wird, daß die Röhrenbündel hingegen in ihrer ganzen Ausdehnung trocken bleiben. Hat sich die Flüssigkeit auf der Querfläche des Fasercomplexes so weit vermehrt, daß sie von dieser auf die Röhrenbündel überfließt, dann tritt sie von da in den Raum der Holzröhren hinein, und nun erst sieht man die so oft besprochenen Luftblasen den Röhrendurchschnitten entsteigen.[1]

Dagegen steigen Imprägnationsflüssigkeiten vorzugsweise und am rascheſten in den Holzröhren aufwärts, wenn diese von Schnitt- oder Wundflächen des Baumes aufgesogen werden. Es ist auch keinem Zweifel unterworfen: daß im Pappel-, Weiden-, Buchenholze die Holzröhren dünnflüssige Säfte führen. Ich habe mich davon durch Untersuchung gefrorenen Winterholzes überzeugt und gefunden, daß Luft und Saft in den Holzröhren ebenso miteinander wechseln, wie ich dieß sogleich in Bezug auf die Holzfasern näher darlegen werde. Wir müssen daher auch diesen Punkt zur Zeit noch als eine offene Frage betrachten.

Das Streben nach Ergründung der Ursache des Saftsteigens hat schon eine große Zahl von Hypothesen ins Leben gerufen. Die Klappen und Ventile der Physiologen des vorigen Jahrhunderts mußten den besseren optischen Instrumenten erliegen. Auch die Attraktionstheorie (Haarröhrchenkraft) ist wohl allgemein aufgegeben, seit wir wissen, daß jede der leitenden Fasern ein in sich völlig geschlossenes Organ ist. An deren Stelle ist jetzt sehr allgemein die Erklärung aus endosmotischen Erscheinungen getreten. Füllt man eine Fischblase zur Hälfte mit einer consistenten Flüssigkeit, z. B. Zuckerwasser oder Gummiwasser, taucht man die Blase in reines Wasser, so tritt ein Uebergang des letztern durch die Blasenwand ein, dieselbe füllt sich, wenn sie zugebunden ist, bis zum Platzen, oder es erhebt sich, wenn die Blase offen ist, das Niveau des allmälig sich verdünnenden Zuckerwassers weit über seinen ursprünglichen Stand. Diese Eigenschaft der Thierhäute hat man nun willkürlich auch der Pflanzenhaut zugeschrieben. Man nimmt an, daß durch die Verdunstung aus den Blättern die höheren Zellen einen concentrirteren Saft enthalten als die tiefer liegenden, daß jede Zelle aus der zunächst tiefer stehenden sich in gleicher Weise fülle, wie die Fischblase aus dem Wassergefäße sich füllt, daß hierauf das Aufsteigen des Holzsafts beruhe.

[1] Diese Luftblasen entstehen in diesen Fällen dadurch: daß die in den Holzröhren enthaltene Luft, ausgedehnt durch die Wärme der Hand, durch die von oben in die Röhrendurchschnitte eingedrungene Flüssigkeit sich hindurchdrängen.

Die Zulässigkeit dieser Erklärungsweise setzt voraus:

1) Daß die Pflanzenhaut dieselben endosmotischen Eigenschaften besitze wie die thierische Blase. Ich habe in der Bot. Zeitung 1853 Seite 309 und 481 nachgewiesen, daß dieß in Bezug auf Zucker- und Gummilösungen nicht der Fall ist.

2) Daß der Unterschied der Menge aller im Safte gelösten Stoffe, zwischen Wurzel- und Gipfelspitze des Baumes bedeutend genug ist, um, vertheilt auf 50,000 übereinander stehende Holzfasern eines 50 Meter hohen Baumes (es gibt deren von 100 Meter Höhe), zwischen je zwei übereinander stehender Fasern eine, für lebhafte endosmotische Steigung genügende Differenz in der Menge gelöster Stoffe zu behalten.

Meine, diesem Gegenstande zugewendeten Untersuchungen ergaben an festen Rückständen eingedampften reinen Holzsaftes,[1] im März gesammelt

Betula	Gipfelsaft	1,30	Proc.	Wurzelsaft	1,20	Proc.
Fagus	"	1,50	"	"	0,90	"
Carpinus	"	1,70	"	"	1,30	"
Tilia	"	0,70	"	"	0,13	"
Quercus	"	0,10	"	"	3,00	"
Larix	"	2,80	"	"	1,20	"
Populus trem.	"	7,00	"	"	2,00	"

Nur bei der Eiche ist daher unter vorstehenden Holzarten der Wurzelsaft reicher an Lösungen, als der Gipfelsaft. Nur bei der Pappel und Linde ist der Mehrgehalt des Gipfelsaftes ein sehr bedeutender. Bei den übrigen Holzarten schwankt der Unterschied zwischen 0,1 und 0,6 Proc. des Saftgewichtes. Ein Mehr von 0,5 Proc. an festem Rückstande, vertheilt auf 50,000 Fasern, ergibt einen Unterschied von 1 Milliontheil auf je zwei übereinander stehenden Nachbarzellen. Wir wissen aber, daß selbst bei einer Lösung von 10 Proc. die endosmotische Wasseraufnahme hunderttausendmal größerer Auffaugungsflächen eine so langsame ist, daß, wenn wirklich jene gleichmäßige Vertheilung der Lösung stattfände, dennoch eine tägliche Verdunstungsmenge sich daraus nicht erklären würde, die an armesdicken Stangenhölzern mehr als 5 Pfund pro Tag betragen kann.

3) Daß sämmtliche den Holzsaft leitenden Fasern ganz mit Flüssigkeit erfüllt sind, da nur in diesem Falle die beiden Hautflächen der Schließhaut des Tipfelkanals mit der Flüssigkeit in Berührung stehen können, wie dieß der endosmotische Austausch derselben erheischt.

Nun wissen wir aber, daß die leitenden, einen Ptychodeschlauch und eine Verschiedenheit der Säfte nicht besitzenden Holzfasern zu jeder Zeit bedeutende Luftmengen enthalten.

Wenn ein Cubikmeter frisch gefällten Tannenholzes[2] = 2090 Pfunde,

[1] Ich gewinne denselben zu jeder Jahreszeit und von allen Holzarten dadurch, daß ich 2 Mtr. lange, entrindete Stamm- oder Wurzelstücke an einer ihrer Schnittflächen mit einer 2 Mtr. langen Glasröhre in wasserdichte Verbindung bringe. Aufrecht gestellt lasse ich dann von der oberen Schnittfläche einige Cubikzolle Farbstofflösung einsaugen, worauf dann die Röhre mit Wasser gefüllt wird, durch dessen Druck der Holzsaft aus der unteren Schnittfläche abläuft und so lange gesammelt wird, als er keine Spur des Farbstoffs enthält.

[2] Das Tannenholz ist zu solchen Untersuchungen dadurch am geeignetsten, daß es weder Holzröhren, noch Zellfasern, noch Harzgänge enthält, in ihm daher die größte Gleichartigkeit des leitenden Fasergewebes besteht.

durch mehrtägiges Kochen flacher Scheibenschnitte sein Gewicht auf 1,25 des Grüngewichts erhöht, so hat das Holz 522 Pfunde oder 0,248 Cubikmeter Wasser aufgenommen, das Wassergewicht des Cubikmeter = 2135 Pfunde gesetzt. Nach mikrometrischer Ermittelung ergab sich in obigem Falle ein Verhältniß des Innenraumes der Holzfasern zum Wandungsraume = 68,5 : 65 und wird man nicht wesentlich fehlen, wenn man annimmt, daß $^1/_2$ des Gesammtraumes auf die Faserwandung, $^1/_2$ auf den Hohlraum der Fasern fällt. Unter dieser Annahme enthält dann $^1/_2$ Cubikmeter Hohlraum 0,248 oder nahe $^1/_4$ Cubikmeter durch das aufgenommene Wasser verdrängte Luft, also zu nahe gleichen Volumtheilen Luft und Holzsaft.

Dem Gesetz der Schwere nach müßte sich nun im Faserraume Luft und Saft in der Weise sondern, wie dieß die nebenstehende Darstellung einer Reihe übereinander stehender Holzfasern, Fig. 44, andeutet, in denen der Saft mit w, die Luft mit l, die Zellwand mit c, die Schließhaut der Tipfelkanäle mit s bezeichnet ist, Letztere könnten nur einseitig mit dem Holzsafte in Berührung stehen, eine endosmotische Hebung des Holzsafts konnte schon aus diesem Grunde nicht erfolgen.

Fig. 44.

Betrachtungen dieser Art, sowie der Umstand, daß die den Fingerspitzen entströmende Wärme genügt, um den Saft des Steckreises auf die Schnittfläche desselben emporzutreiben, führten mich zu der Ansicht: daß beim Steigen des Saftes die Wärme und die durch sie erzeugte Spannkraft der Dämpfe des Luftraumes wesentlich mitwirkend sei (Bot. Zeitung 1853, Seite 312). Zwar hatte ich schon früher gesehen, daß Luft und Saft im Faserraume keineswegs überall in der Fig. 44 dargestellten Weise gesondert seien, daß häufig die Luft den unteren, der Saft den oberen Theil des Faserraumes einnehmen oder beide in mehrere Schichten vertheilt sind, allein ich legte darauf kein besonderes Gewicht, da es unmöglich ist, beim Präpariren der Objekte für das Mikroskop so zu verfahren, daß die Gewißheit nicht eintretender Störung der natürlichen Lagerungsverhältnisse des flüssigen Saftes gewonnen werden kann. Erst im vorigen Winter zeigte mir die Untersuchung gefrorenen Holzes das Normale jener scheinbar abnormen Vertheilung von Luft und Saft im Faserraume. Dieß führte mich zur Untersuchung der Luft, die ich mir dadurch gewann, daß ich 2 Fuß lange, armesdicke, entrindete Stammabschnitte senkrecht in mehrstündig gekochtes, und dadurch von aller Luft befreites, heißes Regenwasser eintauchte und in einem pneumatischen Apparate die, der oberen Schnittfläche unter Wasser entsteigenden Luftblasen sammelte. Die Prüfung dieser Luft mit Kalilauge und Phosphor ergab einen Kohlensäuregehalt von nahe 10 Procent! einen Gehalt der von der Kohlensäure befreiten Luft von nur 14,4 Procent Sauerstoff.

Wir haben hier also eine an Kohlensäure sehr reiche sauerstoffarme atmosphärische Luft, die aller Wahrscheinlichkeit nach mit dem Bodenwasser, und in diesem wie im Selterwasser aufgelöst von den Wurzeln aufgenommen wird. Wenigstens ist eine Aufnahme im freien, gasförmigen Zustande da nicht möglich, wo der Boden ganz von Wasser durchtränkt ist, wie in

nassen Erlenbrüchen, Weidenwerdern ꝛc. Daß die Pflanzenwurzeln die Kohlensäure nicht allein mit dem Bodenwasser aufnehmen, sondern dieselbe auch dem noch nicht aufgenommenen Bodenwasser ihrer nächsten Umgebung entziehen, also das wechselnde Bodenwasser kohlensäurereicher aufnehmen, als es den Wurzeln sich darbietet, habe ich durch Versuche nachgewiesen, die in der ersten Auflage von Liebigs organischer Chemie Seite 190 mitgetheilt sind. Der geringe Sauerstoffgehalt wird sich dereinst vielleicht erklären aus Sauerstoffverbrauch in dem, der Keimung des Samenkorns ähnlichen Vorgange der Reservestofflösung.

Erwägt man nun, daß im Innenraume des Rindezellgewebes der aufsaugenden Wurzeln freie Luft nicht gefunden wird, so geht daraus hervor: daß das parenchymatische Rindezellgewebe der Wurzeln das lufthaltige Bodenwasser aufsauge, durch sich hindurchleite, unverändert an das centrale Fasergewebe des Holzkörpers abgebe, und daß erst in diesem eine Sonderung von Luft und Saft eintrete, vielleicht nach Maßgabe der von unten nach oben steigenden Wärme im Innern des Baumes.

Nun wissen wir aber: daß die vom Wasser aufgenommene Luft das Volumen des Wassers nicht vergrößert. Abscheidung der Luft aus dem Wasser im Innern der geschlossenen Holzfaser muß daher das frühere Volumen beider um das Volumen der abgeschiedenen Luft erhöhen. Dadurch muß im geschlossenen Raume der Faser eine Compression der Gase, ein Druck entstehen, der nur nach oben wirken kann, wenn er von unten her durch neu aufgenommenes Bodenwasser sich stets erneut. Dieser Druck nun ist es wahrscheinlich, durch welchen die Luft eines jeden Faserraumes, durch die Schließhaut der Tipfelkanäle in den Faserraum der nächst überstehenden Faser gedrängt, die Säftemasse in die obere Hälfte der letzteren emporhebt und fortwirkend den Uebergang des Saftes in die nächst höhere Faser vermittelt.[1]

Jener von unten nach oben wirkende Druck erklärt nun auch die Thatsache: daß selbst während milder Winterwitterung bei ruhender Saftbewegung dessen ungeachtet das Verhältniß zwischen Luft und Saft des Faserraumes in den obersten und tiefsten Baumtheilen dasselbe bleibt, daß sie selbst dem Drucke der Flüssigkeitssäule jedes Faserraumes Widerstand leisten. Wäre der nicht, dann müßte bei milder Winterwitterung der Saft aller höheren Baumtheile in die tiefern Baumtheile niedersinken, bis zur vollständigen Ausfüllung der Faserräume letzterer. Es gehört jener stärkere, von unten her wirkende Druck dazu, um den Widerstand der Schließhäute gegen den Durchgang von Flüssigkeiten zu überwinden.

[1] Freilich ist es auffallend, daß jener Druck nicht allseitig, sondern nur nach oben fortwirkt. Wir müssen dieß vorläufig als eine Thatsache anerkennen, die auch darin ihre Bestätigung findet, daß der Druck von mehr als einer Atmosphäre, welcher den Holzsaft aus Holzwunden zur Zeit des Blutens der Bäume hervordrängt, auf die Säftemasse des Bast- und Rindegewebes ganz ohne Wirkung bleibt. Vielleicht ist der Luftmangel in den Zellräumen dieser Gewebe hierin mitwirkend. Ueberhaupt bin ich weit davon entfernt, die eben entwickelte Ansicht vom Saftsteigen als eine in jeder Richtung begründete schon jetzt hinstellen zu wollen. Nur so viel steht mir unzweifelhaft fest: daß die Holzluft hierbei eine wichtige Rolle spiele. Welches diese Rolle sei, das können Jahre hindurch in obiger Richtung fortgesetzte Untersuchungen erst ergeben.

Es erklärt sich ferner daraus die Thatsache, daß, wenn man Ahorn-, Birken-, Hainbuchenstämmchen zur Zeit des Blutens über der Erde abschneidet, der Saft stets der Schnittfläche entströmt, diese mag nach oben oder nach unten gekehrt sein. Es ist die comprimirte Luft, welche so viel Saft austreibt, als ihr Streben nach einer, dem atmosphärischen Drucke entsprechenden Ausdehnung erheischt. Schneidet man hingegen von solchen Stämmchen auch die Endknospe ab, dann folgt der Saftausfluß stets dem Gesetz der Schwere; er erfolgt stets auf der nach unten gekehrten Schnittfläche, gleichviel, ob dieß die Schnittfläche des Gipfel- oder Stockendes ist, in Folge der nun in Mitwirkung tretenden Eigenschwere (Bot. Zeitung 1853 S. 309).

Daß das Aufsteigen des Holzsafts weder einer besonderen Saugkraft der Wurzeln noch einer Zugkraft der Blätter zugeschrieben werden darf, geht aus nachstehenden Versuchen hervor, bei welchen Schnittflächen oder Bohrlöchern 20—25 Fuß hoher Stangenhölzer eine Auflösung von holzsaurem Eisen zur Aufnahme dargeboten wurde.

a) Rothbuchen, die im Frühsommer aller Blätter mit der Scheere beraubt wurden, nahmen aus Bohrlöchern die Eisenlösung ebenso auf und führten sie, wenn auch etwas langsamer, ebenso bis in die äußersten Zweigspitzen, wie nebenstehende, belaubte Stangen. Die Blätter haben daher keinen anderen Einfluß auf das Saftsteigen, als daß sie durch Verdunstung den für den nachfolgenden Saft nöthigen Raum schaffen; eine Funktion, die, in Fällen eingetretener Entlaubung, durch das Zellgewebe der Rinde junger Triebe bis zu sechsjährigem Alter hinab, wenn auch in vermindertem Grade ersetzt wird. Glascylinder, luftdicht um die jüngeren Baumtheile befestigt, zeigten mir durch den Beschlag der inneren Glasfläche bei wechselnder Temperatur die Verdunstungsfähigkeit der jüngeren Rinde.

b) Voll belaubte Stangen, über dem Boden abgeschnitten und in Kübel mit holzsaurem Eisen gestellt, leiteten die Lösung ebenso rasch bis in den Gipfel wie daneben stehende, im Boden wurzelnde Stangen, denen die Lösung durch ein Bohrloch und Trichter gegeben wurde. Das Aufsteigen des Safts ist daher eine, auch von der Wurzelthätigkeit unabhängige Erscheinung.

c) Ueber der Wurzel abgeschnittene und auch der Blätter beraubte Stangen nahmen die Eisenlösung, im Verhältniß zu der sehr verminderten Verdunstungsfläche, äußerst langsam auf. Indeß war auch hier nach Verlauf von vierzehn Tagen die Lösung bis in die Gipfeltriebe aufgestiegen.

d) Bis zum Fuße dicht belaubte Eichen- und Hainbuchenreidel wurden dicht über dem Boden abgeschnitten, die Schnittfläche mit Baumwachs verschlossen, darauf die Gipfeltriebe zusammengebunden, eingestutzt und mit den Schnittflächen in die Lösung gestellt. In wenigen Stunden war diese bis zur verklebten Schnittfläche emporgestiegen, ein Theil derselben hatte sich den abwärts gerichteten Zweigen mitgetheilt und das Blattgeäder bis in die feinsten Verzweigungen schwarz gefärbt.

e) Abgestorbenes oder gefälltes und ganz getrocknetes Holz, sowie Stämme, die durch längeres Liegen im Wasser von diesem ganz durchdrungen sind, leiten die Farbstoffe nur wenige Zolle aufwärts.

f) Wasser- oder natürlicher Pflanzensaft als Imbitionsflüssigkeit verwendet, werden weniger rasch aufgesogen als Giftstoffe.

g) Bietet man dem Baume zuerst eine diluirte, nach Verlauf mehrerer Tage eine concentrirtere Lösung zur Aufnahme, so wird letztere ebenso nach oben geleitet wie erstere.

In Bezug auf diese letztere Versuchsreihe muß ich jedoch bemerken, daß die dem Baume dargebotene Flüssigkeit bei den Laubhölzern nur in deren weiträumigen Röhren aufsteigt. Die Schnittflächen der Steckreiser von Ulmen, Akazien, Eichen zc. bleiben dagegen im ganzen Bereiche der Röhrenbündel trocken und nur die Holzfasercomplexe werden naß, wenn man durch Erwärmung des Steckreises in der geschlossenen Hand den eigenen Saft auf die Schnittfläche emportreibt. Es scheint daher, als wenn die Auffaugung dargebotener Lösungen als etwas Abnormes nicht den Weg bezeichne, den der Holzsaft im normalen unverletzten Zustande der Pflanze wählt. Wenigstens muß man mit Schlüssen hieraus vorsichtig sein.

Die Menge, in welcher das Bodenwasser von den Pflanzen aufgenommen und durch Verdunstung aus den Blättern an die Luft zurückgegeben wird, habe ich dadurch annähernd zu bestimmen gesucht, daß ich vollbelaubte Stämme von 7—8 Meter Höhe auf einer Brückwage in enghalsige Wasserbehälter stellte und den von Tag zu Tag eingetretenen Gewichtverlust an Feuchtigkeit ermittelte. Es ergaben sich hierbei folgende **Verhältnißzahlen:**

Holzart	Blattzahl	Blattfläche □Fuß	Verdunstung pro Stamm	Verdunstung pro □Fuß Blattfläche[1]
Erle	1580	21	1,00	0,050
Hainbuche	6100	95	1,10	0,012
Eiche	5300	147	0,80	0,006
Rothbuche	6960	145	0,80	0,006
Birke	7300	76	0,66	0,009
Aspe	4550	103	0,64	0,006
Kiefer	122,000	47	0,48	0,010
Lärche	320,000	55	0,46	0,008
Fichte	1,555,000	225	0,96	0,004

In den Verhältnißzahlen der Verdunstung ist 1 = 5 Pfund täglicher Verdunstungsmenge.

Unabhängig von Blattzahl und Blattfläche ist hiernach die Verdunstung und daher auch die Wasseraufnahme bei verschiedenen Holzarten sehr verschieden. Die Erle mit nur 21 Quadratfuß Blattfläche verdunstete mehr als die Fichte mit zehnmal größerer Blattfläche. Offenbar wird die geringere Belaubung durch eine energischere Verdunstung derselben ersetzt.

Es ist bemerkenswerth, daß Kiefer und Lärche mit geringster Laubmenge pro Stamm bis zum Versuche unter allen Holzarten die raschwüchsigsten gewesen waren. Auch die bis zum Boden reichbeastete und benadelte Fichte war hinter ihnen im Zuwachse zurückgeblieben. Innerhalb gewisser

[1] Da es sich hier nur um die Entwickelung von Verhältnißzahlen handelt und aus anderen, bereits mehrfach erwähnten Gründen habe ich die Umrechnung in Größen des metrischen Systems unterlassen.

Grenzen ist daher die Größe des Zuwachses von Blattzahl und Blattfläche unabhängig, was ich auch schon auf anderem Wege nachgewiesen habe.

Bei Regenwetter sank die Verdunstung nahe auf 0.

Ueber meine Versuche der Verdunstungsmenge von Nadelhölzern während milder Winterwitterung habe ich bereits in der Note zu Seite 252 berichtet, muß hier aber einer sehr wichtigen Beobachtung erwähnen, die ich erst vor einigen Tagen eingesammelt habe.

Vor fünf Jahren ließ ich einige 8 Meter hohe Stangen der Weymouthkiefer $1^1/_3$ Meter über dem Boden in 10 Centim. Breite der Wundfläche ringeln. Der starke Harzausfluß verhindert hier auch unter Glasverband die Neubildung von Rinde und Bast; es verharzen aber die äußersten Holzlagen so stark, daß das Saftsteigen aus der Wurzel in den Gipfel durch den Holzkörper der Ringwunde nicht verhindert wird. In Folge dessen wird der Zuwachs und die normale Entwickelung aller über der Ringwunde befindlicher Baumtheile nicht aufgehoben. Eine dieser Anfang März gefällten Kiefern hatte äußerst kräftige $^1/_2$ Meter lange Endtriebe mit vielen Zapfen des vorigen Jahres gebildet. Dahingegen hatte, wie immer, jeder Zuwachs in den unter der Ringwunde liegenden Baumtheilen vom Jahre der Ringelung ab aufgehört.

Bei der Zerlegung des Baumes war es nun auffallend, daß das Holz innerhalb der Ringwunde (der, im Holzschnitt Fig. 45 zwischen a und b gelegene Holzkörper) in hohem Grade trocken erschien. Eine hierauf gerichtete Ermittelung ergab als Wassergehalt der

einzölligen Wurzeln	62 Proc.
zweizöllige Wurzeln	61 "
Stammbasis	57 "
Ringelstück	12 "
$^1/_3$ Meter über dem Ringelstück	52 "
$1^1/_3$ " " " "	55 "
5 " " " "	61 "

Das Holz innerhalb der Ringfläche hatte daher in der That nicht mehr als den Feuchtigkeitsgehalt lufttrocknen Holzes.

Dieß veranlaßte mich Anfangs März im Gipfel einer anderen geringelten und einer dicht daneben stehenden nicht geringelten Weymouthkiefer Versuche über Verdunstung anzustellen. Lange, oben geschlossene, unten offene Glascylinder, in welche benadelte Zweige unverletzt und im natürlichen Zusammenhange mit der Pflanze eingebracht wurden, beschlugen sich auf der Innenfläche am nicht geringelten Baume sofort reichlich mit Feuchtigkeit. An dem geringelten Baume blieben während dreier Tage und Nächte die Cylinder durchaus frei von jeder Feuchtigkeitsspur.

Unter durchaus gleichen äußeren Verhältnissen, bei durchaus gleicher äußerer Beschaffenheit und gleichem Saftgehalte des geringelten und des nicht geringelten Baumes hatte daher ersterer die Verdunstung zurückgehalten!! Ich habe das die Oekonomie der Verdunstung genannt, d. h. die gesunde Pflanze besitzt das Vermögen, ihre Verdunstung in dem Maße zu beschränken, als ihren Wurzeln weniger Feuchtigkeit zur Aufnahme sich darbietet.

b. Das Bluten der Holzpflanzen.

Verwundet man Ahorne in dem Zeitraume vom Abfalle des Laubes bis zum Wiederanschwellen der Knospen, dann erfolgt aus der Wundfläche ein mehr oder minder reichlicher Erguß von zucker-, gummi- und eiweißhaltigem Holzsaft, wenn die Luftwärme über 5 Grad beträgt. Bekanntlich wird in Amerikas Urwäldern dieser Saft zur Gewinnung bedeutender Zuckermengen benutzt.

Eine verhältnißmäßig geringe Zahl anderer Holzarten liefert ebenfalls tropfbar flüssigen Erguß von Holzsäften, jedoch nicht während des ganzen Winters, sondern nur in einem kurzen Zeitraume vor dem Ausbruch des Laubes. Juglans blutet von Mitte Februar an, Fagus und Carpinus von Mitte März an. Das Bluten der Birken und von Virgilea beginnt Ende März, das der Pappeln Anfangs April, das der Cornus-Arten Anfangs Mai, das des Weinstocks meist erst Mitte Mai.[1] Schon diese Verschiedenheiten im Beginn und in der Dauer des Blutens beweisen, daß die Erscheinung nicht allein von äußeren Verhältnissen und Einflüssen hervorgerufen und bedingt ist. Die Ahorne hören auf zu bluten, ehe noch die Knospen aufgebrochen sind; die Hainbuche hingegen blutet noch nach dem Abstäuben, wenn die ersten Blätter völlig frei geworden sind und $^1/_2$ ihrer endlichen Größe erreicht haben. Während des verwichenen, in langen Zeitperioden ungewöhnlich milden Winters (bis zu 10 Grad Wärme in den Mittagsstunden), zeigten weder Buchen noch Hainbuchen oder Birken Neigung zum Bluten.

Bei den Ahornen schwankt der syrupartige Rückstand nach dem Abdampfen des Safts zwischen 2 und 4 Gewichtsprocenten. Birkensaft lieferte mir 0,57—1,66 Proc., Hainbuchensaft 0,15—0,58 Proc. Rückstand. Hermbstädt erhielt aus Ahornen von $^1/_3$ Meter Stammstärke bis 100 Pfund = 0,08 Cubikm. Saft. Der Baum zu 0,8 Cubikm. Holzmasse angenommen, ergibt einen Saftgehalt desselben von 0,1 seiner Masse.

Eine am Wasser wachsende Birke von etwa 0,8 Cubikm. Holzmasse lieferte mir während 14 Tagen, die jedoch nicht die ganze Zeit des Blutens umfaßten, täglich 7 Pfund Saft, von denen $3^1/_2$ Pfund von Morgens 5 Uhr bis zur Mittagsstunde, $1^1/_2$ Pfund von Mittag bis um 6 Uhr, 2 Pfunde von da bis zum anderen Morgen sich ergossen. Das Verhältniß des Ergusses in gleichen Zeiträumen dieser Tageszeiten ist also nahe = $1—^1/_2—^1/_3$. Die Frage: ob der abfließende Holzsaft schon während des Blutens durch Aufnahme von Bodenwasser ersetzt wird, ist auch hierdurch noch nicht entschieden, da der ergossene Saft nur $^1/_4$ des normalen Gehaltes an flüssigem Holzsafte beträgt. Für die Auf-

[1] Nach Vauquelin's Mittheilungen in Scherer's Journal Jahrg. IV. S. 82 bluten auch die Rüstern im November und im Mai. Es wird dieß auch von der Rothbuche angegeben. Beide sollen im Safte keinen Zucker sondern, wie der Weinstock, nur pflanzensaure Salze und freie Säure, die Rothbuche außerdem Gerbstoff enthalten. Es bedürfen diese Angaben wohl noch einer Controle. Wenigstens sind die Syrupe, die ich in der Seite 258 bezeichneten Weise aus Rothbuchen und Rüstern gewonnen habe, von entschieden süßem Geschmack. Eine speciellere Arbeit über die mannigfaltigen interessanten Zuckerarten der Baumsäfte muß ich mir für einen anderen Ort vorbehalten.

nahme spricht der Umstand: daß am Wasser oder in nassem Erdreich stehende Bäume weit reichlicher bluten, als solche im trockenen Boden, und daß der Safterguß mit der Zeit nicht schwächer wird. Aus demselben Bohrloche fließend, lief der Saft obiger Birke nach 14 Tagen noch ebenso rasch als kurz nach dem Anbohren. Dagegen spricht der Umstand, daß im Verlauf des Blutens eine wesentliche Verringerung des Gehaltes der Säfte an festen Rückständen so lange nicht stattfindet, als Neubildungen der Knospenentwickelung nicht eintreten. Eine Lösung fester Reservestoffe findet zur Zeit des Blutens entschieden noch nicht statt; der Zucker- und Gummigehalt des Holzsafts im Winter, wie zur Zeit des Blutens, muß als ein flüssig gebliebener Reservestoff betrachtet werden, der nothwendig eine Diluirung erleiden müßte, wenn der ausfließende Saft durch Bodenwasser schon zu dieser Zeit ersetzt wird. Von zwei gleich starken nebeneinander stehenden Birken ließ ich die eine um 14 Tage später anbohren, als die erste. Der darauf aus beiden Bäumen gleichzeitig gesammelte Saft enthielt: aus der vor 14 Tagen angebohrten Birke 0,73 Proc., der Saft aus der frisch gebohrten Birke 0,91 Proc. Rückstand. Der Saft einer frisch angebohrten Hainbuche lieferte 51 Proc. Rückstand, während der Saft eines vor 10 Tagen angebohrten Baumes 0,34 Proc. lieferte. Es sind dieß Differenzen, die sehr häufig auch zwischen gleichzeitig gebohrten Bäumen sich ergaben. Dagegen verringert sich der Gehalt an gelösten Stoffen gegen Ende der Blutzeit, unabhängig von erfolgtem Erguß. Eine am 23. April angebohrte Hainbuche lieferte damals 0,56 Proc. Syrup, am 13. Mai nur 0,10 Proc. Eine daneben stehende am 11. Mai angebohrte Hainbuche lieferte aus dem am 13. Mai gesammelten Safte nur 0,49 Proc. Rückstand. Da zu dieser Zeit die Bäume bereits abgeblühet, die Triebe eine Länge von 8—10 Centim. erreicht hatten und bis zur Entwickelung des vierten Blattes vorgeschritten waren, so ist es wahrscheinlich, daß die Verringerung des Zucker- und Gummigehaltes aus Verwendung auf die Neubildungen hervorgegangen war. Eine Mehrzahl vergleichender Untersuchungen ist hier jedoch nothwendig, um sichere Schlüsse ziehen zu können.

In der Regel erfolgt das Bluten nur aus frischen, bis ins Holz dringenden Schnittwunden. Frostrisse bluten jedoch mitunter mehrere Jahre hindurch. Bei der Hainbuche habe ich einmal ein freiwilliges Bluten beobachtet, und zwar aus den Knospen, deren jede am Morgen einen Tropfen Holzsaft trug, während Rothbuchen, Eichen, Linden desselben Unterholzbestandes ganz trocken standen (Bot. Zeitung 1853 S. 478).

Das Nachlassen des Blutens bei der Birke in den Nachmittagsstunden und zur Nachtzeit verändert sich schon bei den Ahornen in ein gänzliches Aufhören am Abende und während der Nacht. Anfangs April begann das Bluten (aus Astwunden) des Morgens mit Sonnenaufgang bei 2—3⁰ Wärme, verstärkte sich bis zu den Mittagsstunden bei 5—6⁰ und hörte am Abende um 5 Uhr bei 4—5⁰, also bei höherem Wärmegrade, auf, als am Morgen beim Beginn des Blutens. Es ist dieß um so auffallender, als der Baum wie der Boden den Temperaturveränderungen der Luft ohne Zweifel langsam folgt, mithin am Morgen länger kalt, am Abend länger warm bleiben muß.

Noch auffallender ist das Beschränktsein des Blutens auf gewisse Tageszeiten, wechselnd mit Perioden des Einsaugens den Bohrlöchern dargebotener Flüssigkeiten.

Zuerst im Frühjahre 1860 fiel es mir auf, daß, wenn man Hainbuchen zur Zeit lebhaften Blutens in den Morgen- und Vormittagsstunden anbohrt, der Holzsaft schon im Bohren sich reichlich mit den Bohrspänen mengt, während in den frühen Nachmittagsstunden die Bohrspäne auffallend trocken sind. Ich ließ daher zwei Bäume zur Zeit stärksten Blutens (4 Uhr Morgens), zwei andere Bäume zur Zeit größter Trockenheit (4 Uhr Nachmittags) roden und sofort in 4füßige Walzenstücke zerschneiden, diese einzeln genau wiegen, dann spalten und trocknen.

Die Wägung des lufttrockenen Holzes ergab die nachstehend verzeichneten Wasserverluste.

	An den im Bluten gefällten Bäumen.	An den trocken stehenden Bäumen.
Wurzeln	42 Proc.	41 Proc.
Wurzelstock	42 „	35 „
Stamm 1—4′	35 „	26 „
„ 4—8′	35 „	28 „
„ 8—12′	42 „	29 „
„ 12—16′	35 „	33 „
„ 16—20′	40 „	35 „
Aeste und Reiser	33 „	35 „

Es haben daher die blutenden Bäume in allen ihren Theilen bedeutend größere Wassermengen enthalten, als zur Zeit des Nichtblutens und entspringt daraus die Frage nach dem Verbleib des Mindergehaltes an Wasser, da bei täglichem Wechsel Abgang und Zugang nach, resp. von Außen nicht wahrscheinlich ist.

Hierdurch aufmerksam gemacht, brachte ich mit den Bohrlöchern geknickte Glasröhren in luftdichte Verbindung und fand, daß der Abfluß des Pflanzensafts aus ihnen in den frühen Nachmittagsstunden nicht allein aufhörte, sondern wechselte mit Einsaugen, so daß während mehrerer Stunden den Glasröhren dargebotenes Wasser in das Innere des Baumes aufgesogen wurde.

Da dieser tägliche Wechsel von Bluten und Saugen, zuerst bei der Hainbuche, später auch bei den übrigen blutenden Holzarten beobachtet, auf eine im Innern des Baumes wirkende Druck- und Saugkraft hindeutete und es von Wichtigkeit war, die Größe dieser Kräfte zu kennen, brachte ich die Bohrlöcher mit Quecksilber-Manometern in luftdichte Verbindung und fand für die Zeit des Blutens einen Ueberdruck in maximo von $1^1/_2$, für die Zeit des Saugens einen Minderdruck von $1^1/_4$ Atmosphären. Die Ergebnisse einer großen Zahl von Untersuchungen sind vom Jahre 1861 ab in der Bot. Zeitung von v. Mohl und v. Schlechtendal veröffentlicht und muß ich mich hier darauf beschränken, den daraus hergeleiteten Standpunkt meiner gegenwärtigen Erkenntniß dieser noch in Vielem räthselhaften Lebenserscheinung darzulegen.

Man hatte bis daher das Bluten der Bäume mit einer Bewegung des Pflanzensafts auch im Innern des noch unverletzten Baumes in Beziehung

gebracht. Schon früh hatte ich trotz aller Augenfälligkeit die Richtigkeit einer solchen Annahme bezweifelt, in Folge des Umstandes, daß es die Belaubung der Bäume ist, welche durch Verdunstung den Raum für die Saftbewegung schaffen muß, daß das Bluten der meisten Holzarten im völlig laublosen Zustande stattfindet, daß während der Zeit lebhaftester Verdunstung, also lebhaftesten Saftsteigens und, wie ich gezeigt habe, auch größter Saftfülle des Baums während der Dauer des belaubten Zustandes mit Manometern armirte Bäume keine Spur, weder von Ueber- noch von Minderdruck ergeben; daß endlich das Bluten sowohl wie das Saugen auch ohne Annahme einer Saftbewegung im unverletzten Baume sich erklären lasse aus wechselnden Volumverhältnissen der im Innern der Zellen eingeschlossenen, theils gasförmigen, theils wässerigen Bestandtheile (Seite 259, Fig. 44) dadurch, daß zur Zeit des Blutens Gase aus dem Wasser in den Luftraum der Zellen ausgeschieden, zur Zeit des Saugens Gase in den Saftraum aufgenommen werden.[1] Von diesem Gesichtspunkte aus habe ich die unverletzte Pflanze zur Zeit des Blutens mit einem Schlauche verglichen, der zum Theil mit Wasser, zum Theil mit comprimirter Luft dicht angefüllt ist. Wasser und Luft befinden sich in diesem Schlauche in Ruhe; sie gerathen erst mit Verletzung des Schlauchs in Bewegung und das Wasser des Schlauchs wird diesem so lange entströmen, bis die ihm beigemengte comprimirte Luft mit der Außenluft sich ins Gleichgewicht gesetzt hat. In ähnlicher Weise, meine ich, werde der im unverletzten Baume ruhende Pflanzensaft in der Zeit des Blutens erst durch die Verletzung des Baums in Bewegung gesetzt.

Wie aus meinen neueren Untersuchungen hervorgeht, ist das Bluten eine, nicht allein in Bezug auf Zeitdauer, sondern auch örtlich beschränkte Lebenserscheinung einzelner Pflanzen. Ist die 8—10 wöchentliche Periode des Blutens vorüber, bleiben von da ab die Bohrlöcher offen, dann tritt aus demselben Bohrloche eine Blutung nie wieder ein, ohne daß, außer einer leichten bräunlichen Färbung, wenige Millimeter von dem Rande des Bohrlochs in das Holz hineinreichend, irgend eine Veränderung des leitenden Fasergewebes erkennbar wäre, namentlich keine Verstopfung der Faserräume. Sehr früh gefertigte Bohrlöcher hören auf zu bluten, während an demselben Baume sehr spät gefertigte Bohrlöcher noch reichlichen Saftergüß unter hohem Ueberdruck ergeben. Bei der hohen Druckkraft, die das Manometer im blutenden Baume nachweist, bei der geringen Druckkraft, die genügt, um Wasser in der Richtung der Längenfasern durch ein Holzstück hindurch zu pressen, ist schon dieß eine völlig räthselhafte Thatsache. Derselbe Birken-Aststutz, dessen Schnittfläche aufgehört hatte zu bluten, während die Manometer frisch gefertigter Bohrlöcher in demselben Baume noch $^3/_4$ Atmosphäre Ueberdruck erzeugten, nachdem er vom Baume abgeschnitten worden

[1] Da bekanntlich durch Aufnahme oder Abgabe von Gasen in wässerige Flüssigkeiten das Volumen letzterer keine Veränderung erleidet, muß, gegenüber der Dichtigkeit atmosphärischer Außenluft die Abscheidung von Gasen aus dem Saftraume in den Luftraum der Zellen (aus w zu c Fig. 44 Seite 259) eine Luftverdichtung und einen Druck der Luft nach Außen, es muß eine Aufnahme von Luft aus c zu w eine Luftverdünnung, daher ein Saugen, zum Ausgleich der Dichtigkeit zwischen Außen- und Innenluft eintreten.

war, ließ Wasser schon bei wenigen Zollen Wasserdruck wie ein Sieb durch sich hindurch. Es sind mir Fälle vorgekommen, daß an blutenden Bäumen die gleichzeitig mit zwei im Durchmesser des Baums sich gegenüber stehenden Manometern armirt waren, an denen die Enden der beiden Bohrkanäle nur wenige Zolle auseinander lagen, das eine der Manometer bedeutenden Ueberdruck, das andere Minderdruck ergab. Näheres hierüber habe ich in der Forst- und Jagd-Zeitung 1874 Seite 4 berichtet.

Je mehr man mit den das Bluten der Pflanzen begleitenden Erscheinungen bekannt wird, um so größer wird die Zahl der damit verbundenen Räthsel. Alles zusammen genommen, bin ich zu der Ansicht gelangt, daß das Bluten als eine durchaus für sich bestehende Lebenserscheinung betrachtet, daß es wenigstens bis jetzt gar nicht in Beziehung gebracht werden dürfe mit der Bewegung des Safts in der sich ernährenden und wachsenden Pflanze, daß es ein nur wenigen Pflanzengattungen eigener Ausnahmezustand der Winterruhe sei.

c. Die Lösung der Reservestoffe im aufsteigenden rohen Nahrungssafte zu secundärem Bildungssafte.

Daß das im Frühjahre von den Wurzeln aus dem Boden aufgenommene Wasser alle diejenigen Bodenbestandtheile mit sich führt, die wir bereits Seite 193 als Rohstoffe der Ernährung kennen lernten, ist im höchsten Grade wahrscheinlich. In dieser Hinsicht kann man den aufsteigenden Frühsaft der Bäume *rohen Nahrungssaft* nennen. Dieser Saft ist aber zugleich auch das Lösungsmittel für die im Baume niedergelegten Reservestoffe.[1] Durch Vermischung mit den Reservestofflösungen wird er zu dem, was ich den *secundären Bildungssaft* genannt habe, im Gegensatz zu dem *in den Blättern* bereiteten und aus diesen im Bastkörper abwärts steigenden *primären Bildungssafte*.

Wie wir gesehen haben, steigt der Frühsaft in den cylindrisch-getipfelten, bei den Nadelhölzern in den linsenräumig-getipfelten Holzfasern aufwärts. In der großen Mehrzahl der Holzpflanzen enthalten diese Organe keine feste Reservestoffe; Mark, Markstrahlen, Zellfasern, Rindezellen, in denen dieselben aufgespeichert sind, dienen auch nicht der Säfteleitung nach oben. Daher kann die Wurzel Monate hindurch Bodenwasser aufnehmen und nach oben leiten, ohne daß ihre Reservestoffe dadurch gelöst werden. In der That beginnt auch nicht hier, sondern in den äußersten Zweigspitzen der Bäume die Reservestofflösung, und es müssen, wie ich durch eine Reihe specieller Beobachtungen in der Forst- und Jagdzeitung 1857 Seite 292 gezeigt habe, durchschnittlich zwei Monate verfließen, ehe die Mehllösung von den Zweigspitzen bis zu den Wurzelspitzen hinab vollendet ist. Wie der Boden an das Samenkorn, so geben die säfteleitenden Fasern Feuchtigkeit an das mehlhaltige Zellgewebe ab; in ihm tritt, wie in den Samen-

[1] Daß er schon im Winter beträchtliche Mengen von Reservestoffen in Lösung enthält, bestehend vorzugsweise aus verschiedenen Zuckerarten und Gummi, mit geringer Beimengung stickstoffhaltiger Substanzen, habe ich bereits Seite 250 nachgewiesen. Es sind dieß im vorhergehenden Sommer bereitete Bildungsstoffe, die nicht zur Verwendung auf Mehlbildung gelangten.

lappen, ein Keimungsproceß ein, d. h. eine Rückbildung der Reservestoffe in flüssigen, dadurch der Wanderung von Zelle zu Zelle befähigten Bildungssaft, dieses letztere wird von den mehlhaltigen Zellen an den aufsteigenden Saft des leitenden Fasergewebes abgegeben und durch ihn den sich entwickelnden neuen Trieben und Blättern zugeführt, die durch ihn sich ernähren und ihre volle Ausbildung erreichen.

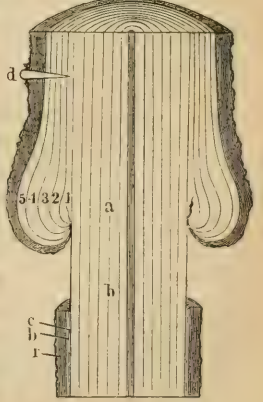
Aber nicht allein die neuen Triebe und Blätter, sondern auch die neuen Holz- und Bastringe entstammen diesem aufsteigenden secundären Bildungssafte. Ich war früher der Meinung, daß der für die Holz- und Bastringbildung erforderliche Bildungssaft dem Cambium durch die Markstrahlen von innen her zugeführt werde, allein eine Reihenfolge neuerer Beobachtungen hat mich überzeugt, daß dieß nicht der Fall sei, daß auch der aus Reservestoffen des Holzkörpers wiederhergestellte, im Holzkörper aufsteigende, secundäre Bildungssaft nothwendig bis zu den jungen Trieben des Baumes emporsteigen müsse, um durch diese seinen Rückweg in die Bastschichten antreten zu können, von denen aus er dem jugendlichen Fasergewebe des Bastes und des Holzes zugeht, und auf Wachsthum und Ausbildung der in ihrer vollen Längengröße abgeschnürten Faser- und Markstrahlzellen verwendet wird. Wir haben bereits Seite 177 gesehen, daß die Zellenmehrung im Umfange aller älter als einjährigen Triebe ausschließlich auf Abschnürung neuer Tochterzellen von einem permanenten Mutterzellenpaare beruht, daß daher der abwärts steigende secundäre Bildungssaft des Bastkörpers allein nur dem Wachsthume der Mutterzellen und der Ausbildung aller von ihnen abgeschnürten, sterilen Tochterzellen dient.

d. Wanderung des secundären Bildungssafts.

Daß der im Holzkörper restituirte secundäre Bildungssaft nicht unmittelbar aus dem Holze dem Cambium zugehen könne, ergibt sich aus einer Reihefolge von Beobachtungen der Erfolge von Ring- und Spiralwunden.

Ringelt man Bäume im Frühjahre in einer Breite von 3—5 Cent. bis auf den Holzkörper, so hat dieß bei Bäumen von 15—20 Cent. Durchmesser während der ersten Jahre gar keinen nachtheiligen Einfluß auf die Fortbildung aller über der Ringwunde befindlichen Baumtheile. Die jährliche Neubildung an Trieben, Blättern, Blüthen, an Holz- und Bastringen, an Reservestoffen, geschieht in durchaus normaler Weise, Blüthe und Fruchtbildung findet sogar in gesteigertem Maße statt (Zauberring der Gärtner); über dem oberen Schnittrande der Ringwunde werden die Holz- und Bastlagen ungewöhnlich breit, so daß es den Eindruck macht, als habe hier ein Hinderniß tieferen Abwärtssinkens, eine Stauung der Bildungssäfte, die Steigerung des Holzzuwachses veranlaßt. (Siehe Holzschnitt Fig. 45, Längenschnitt eines Stammstückes, fünf Jahre nach der Ringelung zwischen a und b.) Ueber der Ringwunde sind die 5 normal

Fig. 45.



gebildeten Jahresringe mit 1—5 bezeichnet. Unter der Ringwunde r = Rinde, b = Bast, c die Initiale eines im Jahre nach der Ringelung gebildeten Holzringes. In den unter der Ringwunde befindlichen Baumtheilen geht im Frühjahre, nach vollzogener Ringelung, die Auflösung der Reservestoffe in normaler Weise vor sich, der daraus wiederhergestellte Bildungssaft wird, durch den entblößten Holzkörper der Ringwunde hindurch, den höheren Baumtheilen zugeführt und dort auf Neubildungen verwendet. Dagegen hört unter der Ringwunde (wenn diese sich nicht mit neuer Rinde und Basthaut bekleidet, auch kein Wiederausschlag eintritt, oder wenn dieß der Fall ist, derselbe hinweggeschnitten wird), der Zuwachs an Holz- und Bastschichten für immer auf. Im ersten Frühjahre nach der Ringelung entsteht zwar die Anlage eines neuen Holz- und Bastringes, die aber nie mehr als bis zu höchstens $^1/_3$ der vorhergehenden Ringbreite vorschreitet, auch nie mit einer Breitfaserschicht sich abschließt. Mit dieser, auch in Stöcken sich bildenden, wahrscheinlich aus den Reservestoffen der Rinde und Bastschicht sich bildenden Initiale eines neuen Holzringes hört dann aber jeder Zuwachs an Holz- und Bastfasern in den unter der Ringwunde befindlichen Baumtheilen für immer auf, obgleich diese auch ohne Stockausschlag noch viele Jahre hindurch lebendig bleiben und ihre Funktion der Feuchtigkeitsauffaugung aus dem Boden und der Leitung des Safts nach oben ungestört verrichten können, und zwar unter Ringwunden so lange, als der Holzkörper im Bereich derselben die Fähigkeit besitzt, den Holzsaft, durch sich hindurch, den oberen Baumtheilen abzugeben. Diese Leitungsfähigkeit verliert der entblößte Holzkörper mit dem, von außen nach innen fortschreitenden Austrocknen der Holzfasern, das durch den fortdauernden Durchgang von Holzsaft nur langsam vor sich geht und an fingersdicken Stämmen oder Zweigen in der Regel schon im zweiten Sommer, an starken Stämmen, z. B. der Linde, erst nach mehreren Decennien bis zum Marke vollendet ist. Eben so lange habe ich Kiefermahlbäume an Schwarzwildsuhlen durch das Verharzen des rundum bloßgelegten Holzes sich erhalten sehen. Früher oder später tritt aber das Austrocknen und Absterben des entblößten Holzkörpers in jedem Falle ein; es hat dasselbe dann das Absterben der überstehenden Baumtheile unfehlbar und mit diesem auch den Tod der unter der Ringwunde befindlichen Baumtheile dann zur Folge, wenn an diesen keine Ausschläge sich bildeten. Ist dieß der Fall, dann setzt sich der Zuwachs von der Basis derselben aus fort und kann lange Zeit hindurch ein einseitiger bleiben, wenn die Ausschläge nur auf einer Seite des Baumes erfolgten. An stärkeren geringelten Bäumen kündigt sich das Absterben schon einige Jahre vorher an, durch Verkürzung der Jahrestriebe, Verminderung der Zahl und Größe des Laubes, wahrscheinlich in Folge des nicht mehr zureichenden Saftzuflusses von unten.

Ringelt man junge Kiefern mehreremale stets in der Mitte zwischen je zweien noch benadelten Quirlen, dann erfolgt, von den benadelten Aesten aus, normale Holzbildung bis zu jeder tieferen Ringwunde; von jeder Ringwunde abwärts bis zu den nächsten Quirlästen hört die Holz- und Bastbildung auf. Die Ringwunde unter den tiefsten Nadelästen unterbricht den Zuwachs in allen tieferen Baumtheilen.

Ringelt man im Frühjahre Seitenäste $^1/_2$—$^2/_3$ Mtr. entfernt vom

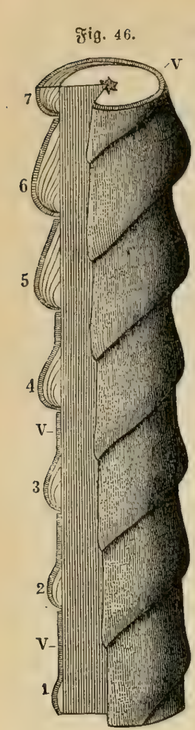
Stamme, erfolgt zwischen diesem und der Ringwunde kein Wiederausschlag, oder wird dieser vor der Entwickelung zu Blättern ausgebrochen, dann empfängt der Seitenast vom Stamme durch den entkleideten Holzkörper hindurch die nöthige Menge aufsteigenden Holzsafts, über der Ringwunde wächst und grünt der Seitenast in normaler Weise, aber zwischen Ringwunde und Stamm hört die Holz- und Bastbildung ebenso auf wie zwischen Ringwunde und Wurzel der Stämme, wie unter der Hiebsfläche der Stöcke im Falle nicht erfolgenden Wiederausschlags. [1]

Verwundet man Baumäste der Art, daß Rinde und Bast in einer mehreremale um den Baum gewundenen, weitläufigen Spirale hinweggenommen werden, dann reducirt sich der Holz- und Bastzuwachs von da ab zunächst auf den oberen Schnittrand der Spiralwunde, die neuen Holz- und Bastfasern legen sich hier in die Richtung der Spirale, die sich hinfort durch Hinzukommen jährlicher Holz- und Bastlagen nach oben hin verdickt, bis diese zum unteren Schnittrande der nächst überstehenden Spiralwindung emporgestiegen sind, worauf dann die bisher getrennten Spiralwülste durch gemeinschaftliche Faserlagen untereinander sich vereinen. Der Zuwachs nach der Verwundung läßt sich daher vergleichen mit dem Zuwachse einer, um einen Baumstamm spiralig sich windenden Liane, nur daß die Holzschichten sich hier einseitig auf der Oberfläche der vorgebildeten anlegen.

Die nachstehende Fig. 46 wird diesen Zuwachs veranschaulichen. Sie gibt die schematische Ansicht eines spiralig verwundeten Stammstückes, an welchen durch einen keilförmigen Längsausschnitt ein Theil der radialen Längsschnittfläche bloßgelegt ist. Auf dieser bezeichnen die senkrechten Parallellinien den Holzkörper vor der Ringelung; Rinde (und Basthaut) habe ich durch wagerechte Strichelung hervorgehoben. Zwischen beiden ist

[1] Das abnorme, oft 60—80 Jahre fortdauernde Ueberwallen der Tannen- und Lärchen-Stöcke wurde, zuerst von Reum, abhängig erklärt von der Verwachsung der Wurzeln des Stockes mit den Wurzeln eines stehenden Baumes. Fälle solcher Wurzelverbindungen lassen sich leicht auffinden. Ich glaube, daß es in manchen geschlossenen Beständen nicht einen Baum gibt, der mit den Wurzeln eines oder einiger Nachbarbäume nicht verwachsen wäre. Es fragt sich aber, ob durch eine Verbindung dieser Art die Säfte eines Nährstammes in die Wurzeln des Stockes übergehen und auf Holzzuwachs desselben verwendet werden können. Ich halte das nicht für wahrscheinlich, da in diesem Falle entweder die Bildungssäfte im Baste des Stockes aufwärts, oder die Holzsäfte des Nährstammes im Holzkörper des letzteren sich abwärts bewegen müßten, was nach den bisherigen Erfahrungen an gesunden Bäumen nicht möglich ist. Daß Ueberwallung auch an Stöcken vor sich gehen könne, die mit einem Nährstamme nicht verwachsen sind, habe ich erwiesen durch die Beobachtung dreier Lärchenstöcke, der einzigen in meilenweitem Umkreise, die an ein und demselben Tage, zwölf Jahre vor der Beobachtung gefällt wurden, von denen der eine zwölf Ueberwallungslagen in gewöhnlicher Weise gebildet hatte. Damit war die Möglichkeit von einem Nährstamme unabhängiger Ueberwallung unwiderleglich bewiesen. Die Unwahrscheinlichkeit der Ernährung durch einen Nährstamm liegt in obiger Erfahrung. Offenbar steht der Asttheil unter der Ringwunde zum Schafte, letzterer als Nährstamm betrachtet, in einem günstigeren Verhältniß, als der Stock zum Nährstamme durch Wurzelverwachsung. Wird im Aststutz oder im Ast unter einer Ringwunde, trotz fortdauernder Säfteleitung in die Asttheile über der Ringwunde, der Holzzuwachs aufgehoben, so würde dieß noch weit mehr im Stocke der Fall sein müssen. Ich bin daher nach wie vor der Meinung, daß die Ueberwallung der Tannenstöcke eine selbstständige sei, daß diese den Stoff zum peripherischen Ueberwallungszuwachse aus sich selbst — aus Reservestoffen und deren, nach dem geringen Bedarfe, nachhaltiger Verwendung, so wie durch Resorption vorgebildeter Holzfasersubstanz entnehmen.

Fig. 46.



die Entwickelungsfolge des am oberen Schnittrande des Spiralstreifens sich bildenden neuen Holzkörpers vom ersten bis zum siebenten Jahre dargestellt, um zu zeigen, daß, ehe der neue Holzkörper durch Schichtenbildung bis zum unteren Schnittrande der Spiralwunde emporgestiegen ist, bei v v jede Neubildung von Holz= und Bastfasern aussetzt.

In unseren Niederwäldern experimentirt Lonicera Periclymenum in dieser Weise und erzeugt die spiralig gewulsteten Wanderstöcke, die wir häufig in der Hand der Handwerksburschen sehen. Hier ist es schon der, mit zunehmender Verdickung des Stammes durch das nicht nachgebende Schlinggewächs, auf die Basthaut ausgeübte Druck, der dieselben Erscheinungen wie die Spiralwunde durch Unterbrechung der normalen Wanderung des in der Basthaut absteigenden Bildungssafts ins Leben ruft.

Wir können uns diese Erscheinung nicht anders erklären, als durch die Annahme, daß im Baste der secundäre Bildungssaft im ungestörten Verlaufe seiner Wanderung nur zwei Richtungen einschlagen könne, das senkrechte Absteigen und die vom absteigenden Strome radial nach innen fortgesetzte Verbreitung; daß erst da, wo dem absteigenden Safte ein Hinderniß entgegentritt, dieser zu einer Abweichung in peripherischer Richtung gezwungen wird, hier, am oberen Schnittrande des Spiralschnittes, auf dem kürzesten Wege von Zelle zu Zelle nach unten sich verbreitend; daß in Folge dieses unnatürlichen Verlaufs der Bildungssäfte in absteigender Richtung, auch die radiale Verbreitung nach dem Cambium hin, auf jenen, anfänglich schmalen Saftstrom über dem oberen Schnittrande des Spiralstreifens sich beschränke; daß damit eine Umbildung der den Saft leitenden Elementarorgane hervorgerufen werde, der zu Folge die Neubildungen an Holzfasern sich in die Richtung des Spiralschnittes legen; daß dadurch gewissermaßen ein neuer Holz= und Bastkörper unter der Rinde sich bilde, der sich spiralig um den alten Holzkörper windet und hinfort durch neue Holz= und Bastlagen alljährlich selbstständig sich vergrößert.[1]

Das Aussetzen des Holz= und Bastzuwachses würde sich nicht erklären lassen, wenn der secundäre Bildungssaft, aus den im Holze lagernden Reservestoffen, die Fähigkeit besäße, aus dem Holze durch die Markstrahlen dem Cambium unmittelbar zuzugehen. Wir müssen vielmehr annehmen, daß auch der secundäre Bildungssaft ein zweites Mal in die Blätter, oder doch in die jüngsten Triebe aufsteigen müsse, um dort seinen Uebergang in die Bastschicht bewirken und, in der Bastschicht rückschreitend, wie der primäre Bildungssaft, von ihr aus dem Cambium von außen her zuzugehen.

[1] Ich besitze in meiner Sammlung physiologischer Präparate einen Eichenstamm dieser Art, an welchem der alte Holzkörper völlig abgestorben und faul geworden war, während der spiralig gewundene neue Holzkörper fortdauernd im kräftigsten Zuwachse stand. Ueber die mit dieser veränderten Saftrichtung verbundenen Umbildungserscheinungen habe ich in der Botan. Zeitung 1854 Seite 1 meine Beobachtungen mitgetheilt.

Die Spiralwunde und deren Folge gibt uns aber noch einen anderen Fingerzeig. Während die Holzbildung auf den oberen Schnitt- oder Druckrand der Spirale reducirt wird, während sie, selbst innerhalb der weitläuftigsten Windungen anfänglich auf einen sehr kleinen, untersten Flächenraum zwischen den Spiralwindungen sich beschränkt, findet im alten Holzkörper die Wiederansammlung von Reservestoffen aus primitivem Bildungssafte durchaus normal in allen Theilen innerhalb des Bereiches der Spirale statt. Daraus darf man folgern, daß der von den Blättern bereitete, in der Basthaut niedersteigende, primitive Bildungssaft, nach seinem, wahrscheinlich durch die Markstrahlen vermittelten Uebergang in den Holzkörper, im leitenden Fasergewebe des letzteren dem Holzsafte sich beimenge, und durch den aufsteigenden Holzsaft allen denjenigen Organen zugeführt werde, in denen eine Ablagerung fester Reservestoffe stattfinden soll. Es erklärt sich hieraus, daß ich im verwichenen Winter im Wurzelsafte einer vor fünf Jahren geringelten Weymouthkiefer den gewöhnlichen Gehalt an Zucker und Gummi finden konnte, der nur durch den absteigenden Bastsaft dorthin gelangt sein kann.

Es bleibt uns nun noch die Frage, ob auch der secundäre Bildungssaft nothwendig in die Blätter aufsteigen müsse, um seinen Rückweg in den Bast antreten zu können, oder ob dieß auch schon in Knospen oder in den jüngsten Trieben ohne entwickelte Blätter geschehen könne. Daß in älteren Trieben ein Uebergang nicht stattfinde, zeigen uns unzweifelhaft die Folgen der Ringwunden.

Für den Uebergang auch in Knospen und noch nicht belaubten Trieben spricht die Thatsache, daß nicht selten die Jahrringbildung in den jüngsten Trieben zu einer Zeit beginnt, in welcher die Knospen eben aufbrechen. Aus einem meiner frühesten Versuche ging ferner hervor, daß, wenn man Holzpflanzen im Frühjahre entknospet und auch späterhin jede Blattentwickelung durch frühzeitiges Abbrechen neu entstehender Knospen verhindert, dennoch eine Neubildung von Holz- und Bastfasern eintrete, wenn auch in beschränkter Zahl. Ich habe ferner nachgewiesen, daß in seltenen Fällen die Holzbildung an unteren Stammtheilen der Holzbildung in den Zweigen vorangeht. Diese Erfahrungen und einige Reproduktionserscheinungen waren es, die mich zu der Ansicht leiteten, daß das Cambium unmittelbar vom Holzkörper aus durch radiale Zuführung von Reservestoffen gespeist werden könne. Indeß liegt in den Schlüssen aus Reproduktionserscheinungen auf den Verlauf der normalen Thätigkeit immerhin eine große Unsicherheit, und die beschränkte Holzbildung vor Eintritt der Wiederbelaubung könnte wohl auf der Verwendung der auch in Rinde und Basthaut aufgespeicherten Reservestoffe beruhen. Ich habe daher im vorigen Jahre eine Menge Entlaubungsversuche von neuem angestellt, bin dadurch aber leider noch nicht zu einer sicheren Anschauung gelangt, der Schwierigkeit wegen, die sich der absoluten Unterdrückung der Wiederbelaubung bei den Laubhölzern entgegenstellt. Es ist mir bis jetzt nicht möglich gewesen, die Versuchspflanzen unausgesetzt fast täglich zu inspiciren, und es genügen wenige Tage der Versäumniß zur Wiederbelaubung in dem Grade, daß sichere Schlüsse dadurch aufgehoben werden. Nur bei der Kiefer ist es mir gelungen, der Wieder-

belaubung auch der jüngsten Triebe ohne Tödtung derselben vorzubeugen. Sie geschah an mehreren, 3 Meter hohen Pflanzen Anfangs Juni, zu einer Zeit, in welcher die jungen Triebe bereits eine Länge von 10 Centim. erreicht hatten, die Nadeln an denselben durchschnittlich 3 Mm. aus der Scheide hervorgewachsen waren. Die so tief wie möglich am Triebe mit der Scheere abgeschnittenen Nadeln starben an den vorjährigen und älteren Trieben, am dießjährigen jungen Triebe hingegen hielten sich die Stutze lebendig, wuchsen nach und mußten mehrere Male nachgeschnitten werden. Wo dieß absichtlich nicht geschah, erreichten die Stutze, aus der Blattbasis nachwachsend, im Laufe des Sommers zum Theil über $^1/_2$ der normalen Nadellänge.

An den fortgesetzt entnadelten Pflanzen wuchsen die dießjährigen Triebe zu etwas über $^1/_3$ Meter Länge heran. Trotz der afrikanischen Hitze des Sommers und bei einer Bodendürre, die selbst Ballenpflanzungen des Frühjahrs zum Eingehen brachte, erhielten sich nicht allein die jungen Triebe mit den Nadelstutzen lebendig, sondern es bildeten sich auch die Endknospen regelmäßig aus. Selbst die häufigen Angriffe von *Pissodes notatus*, die fast täglich an der Rinde der jungen Triebe zu finden waren, angelockt durch den immerhin krankhaften Zustand der Pflanzen, beeinträchtigten die Entwickelung der Triebe nicht. Auch die Holzringbildung, obgleich gegen die der belaubten Kiefern etwas zurückgehalten und geschmälert, ist in normaler Weise erfolgt. Erst im Spätherbst starben die in dieser Weise mißhandelten Pflanzen sämmtlich.

Die Entnadelung hatte daher in diesen Fällen den Uebergang des secundären Bildungssafts aus dem Holzkörper in den Bast nicht verhindert.

Dagegen blieben zwölfjährige Kiefern, die bis zur Mitte der dreijährigen Triebe eingestutzt und aller Nadeln beraubt wurden, auf derselben Entwickelungsstufe des Holzkörpers stehen, die dieser zur Zeit des Einstutzens erreicht hatte. Die meisten starben nach dieser Verletzung in kurzer Zeit, ohne irgend eine Reproduktionserscheinung; einige begünstigt durch den Standort, erhielten sich trotzdem bis zum Herbste frisch und saftig mit grüner Rinde.

Andere zwölfjährige, 4—5 Meter hohe Kiefern wurden nur an den Quirlästen bis zum nicht mehr benadelten Holze eingestutzt, die letzten Schafttriebe wurden mit der Scheere wie im ersterwähnten Experiment entnadelt, verblieben aber dem Baume. Der Erfolg war genau derselbe, wie an der ersterwähnten $1^1/_3$ Meter hohen Kiefer. Der dießjährige Trieb hat sich hier wie dort normal ausgebildet.

Behalten die bis zum zwei- oder dreijährigen Triebe eingestutzten Aeste ihre vorjährige oder nur die zwei- oder dreijährige Benadelung, dann bilden sich unfern der Schnittflächen zwischen den Nadeln neue Knospen für neue Längentriebe; die Holzbildung geht unter dem Stutz so rasch und kräftig vor sich, als im unverletzten Aste.

Daraus dürfen wir nun vorläufig folgern, daß der secundäre Bildungssaft an der unverletzten Pflanze seinen Weg aus dem Holzkörper in den Bast zwar vorzugsweise, vielleicht allein, in den Blättern finde, daß aber, wenigstens in Fällen eingetretener Entlaubung, dieser Uebergang auch im

Innern der jüngsten Triebe stattfinden könne, daß dagegen alle älteren, nicht belaubten Triebe unfähig seien zur Leitung des secundären Bildungssafts aus dem Holze zum Baste.

Wenn nun durch eine Mehrzahl von Beobachtungen es sich bestätigt, daß auch der mehrjährige, belaubte Trieb der Säfteleitung aus Holz in Bast dienstbar ist, daß diese Funktion durch Entlaubung aufgehoben wird oder mit dem natürlichen Blattabfalle erlischt, so leitet die Thatsache, daß es die einfachen Holzfasern sind, welche den secundären Bildungssaft nach oben führen, auf den Gedanken, es werde dieser Saft von den Holzfasern des Achsengebildes an diejenigen Faserbündel abgegeben, die, in schräg nach oben gewendeter Richtung, vom Markcylinder aus durch Holz, Bast und Rinde zur Blattbasis verlaufen und im Blattkiel sich fortsetzen (Fig. 5, 9, 12). Die nachgewiesene Leitungsfähigkeit der entlaubten, noch in der Entwickelung stehenden, jüngsten Triebe wird sich dann durch die Annahme erklären, daß, wie im Faserbündel des Blattes, so auch schon in dessen anfänglichen, den Bastkörper des Triebes durchsetzenden Theile ein Uebergang des Bildungssafts in die Fasern des Bastkörpers möglich sei; daß die Faserbündel der Blattausscheidungen, vielleicht auch der Knospenausscheidungen (Fig. 12, 13) schon innerhalb des Triebes, dem sie angehören, da wo sie den Bastkörper desselben durchstreichen, zur Brücke werden für den Uebergang der secundären Bildungssäfte aus dem Holzkörper in den Bastkörper.

Wir kommen dadurch zu der Schlußbetrachtung, daß der von den Wurzeln aus dem Boden aufgenommene rohe Nahrungssaft, in den Holzfasern aufsteigend, die gelösten Reservestoffe aufnimmt und nach oben führt. Im Holzkörper des Schaftes, der Aeste und der Zweige sich vertheilend, steigt ein Theil dieses Bildungssafts bis zu den Knospen des Baumes empor, das Material für den Längenzuwachs denselben zuführend; ein anderer Theil desselben wird, auf seinem Wege zu den Knospenwärzchen (Seite 133 Fig. 3—5) sämmtlicher Knospen, ehe er dorthin gelangt, von den im Holzkörper der Achsengebilde liegenden Faserbündeln der Blatt- und Knospenausscheidungen aufgenommen und nach außen abgeleitet.[1] Auf diesem Wege gelangt er in die Blätter des jungen Triebes sommergrüner, in die Blätter auch älterer Triebe immergrüner Holzarten und durch sie zurück in den Bastkörper der Triebe, von dem aus er den Mutterzellen zwischen Holz und Bast zugeführt wird, den Dickezuwachs zwischen beiden vermittelnd.

Nun habe ich gezeigt, daß die Verbindung des Faserbündels der Blätter mit dem Holzkörper des Triebes bei den sommergrünen Pflanzen nur ein Jahr, bei den wintergrünen Pflanzen durch unterrindigen Zuwachs nur wenige Jahre sich erhält, daß sie später aufgehoben werde durch Zwischenbildung von ihnen nicht durchsetzter Holz- und Bastlagen (Seite 148, Fig. 12 ee, ee, Fig. 13 f). Durch diese Zwischenbildungen wird die Brücke abgebrochen, über die der secundäre Bildungssaft seinen Uebergang aus Holz in Bast bewerkstelligt, der daher in der unverletzten sommergrünen

[1] Demgemäß könnte man den im Holz- und Bastkörper liegenden Theil des Faserbündels der Blattausscheidung Blattwurzel nennen, da er zu den Fasern des Triebes wie die Wurzel der Pflanze zum Boden sich verhält.

Pflanze nur im einjährigen, in den Pflanzen mit mehrjähriger Belaubung auch in den nächst älteren Trieben stattfinden kann, so weit dieselben noch belaubt sind, da bei diesen der unterrindige Zuwachs der Blattwurzeln ebenso lange fortdauert. Nur auf diesem Wege vermag ich die Unterbrechung des Dickezuwachses durch Einstutzen oder Ringelung zu erklären. Allerdings ist es ein ziemlich schwerfälliger Apparat von Indicienbeweisen, durch den wir zur Erklärung gelangt sind; eine direkte Beweisführung wird uns hier jedoch vielleicht für immer entzogen sein.

2. Der Vegetationssommer.

Wir haben im Vorhergehenden gesehen, daß das im Frühjahr von den Wurzeln aufgenommene Bodenwasser, im Aufsteigen durch den Holzkörper der Pflanze, die gelösten Reservestoffe aufnehme und dadurch zu secundärem Bildungssafte sich umändere; daß dieser Saft, theils bis zu den Knospenwärzchen emporsteigend, an diese das Material für die Ausbildung der Knospe zu neuen Längentrieben abgebe, anderentheils, durch die im Holzkörper der Triebe liegenden Blattwurzeln aufgenommen, von letzteren nach außen geleitet, entweder durch die Blätter oder unter Umständen schon in den Trieben, an die Siebfasern des Bastes abgegeben werde, um in diesen absteigend, den permanenten Mutterzellen der Faserbündel und der Markstrahlen das Material für deren, den Dickezuwachs vermittelnde Fortbildung zu liefern.

Dieser Saft in den letzten Stadien vor seiner endlichen Verwendung und Fixirung, den ich Cambialsaft nenne, weil er der flüssige Theil dessen ist, was Duhamel „Cambium" nannte (Seite 178), gewinne ich aus den jüngsten, noch mit einem saftreichen Ptychodeschlauche ausgestatteten Holzfasern dadurch, daß ich die Masse des jungen noch krautigen Holzringes, nach Hinwegnahme des Bastes, vermittelst Glasscherben abschabe und das Abgeschabte auspresse. Man erhält dadurch eine, durch eine Menge beigemengter organisirter Körper geringster Größe milchweiß gefärbte Flüssigkeit, die, filtrirt, wasserklar ist, an der Luft sich bald bräunt. Zu einem Vergleiche dieses Safts mit dem Bast- und Holzsafte bot mir die Eiche eine treffliche Gelegenheit, da sie Anfang August nicht allein Bastsaft aus Schröpfwunden, sondern gleichzeitig auch Holzsaft in tropfenförmigem Erguß aus der unteren Schnittfläche aufrecht gestellter Schaftstücke ergab. Die gleichartige Prüfung der drei verschiedenen, auf gleichem Standorte erwachsenen Baumtheilen an demselben Tage entnommenen Säfte ergab nachfolgende Unterschiede:

1) Der Holzsaft (Seite 250, 264).

Durch Aufkochen: kein Eiweiß.

Durch absol. Alkohol: nur Spuren von Gummi.

Durch Ammoniak: keine phosphorsaure Bittererde.

Durch Abdampfen: unter reichlichem Absatz einer bräunlich grauen Haut, einschließlich dieser nur 0,08 Proc. eines syrupähnlichen, nicht süßen, etwas bitteren Rückstandes.

Durch Einäschern des Syrup: 0,5 Proc. Asche, fast nur Kalisalze.

2) Der Bastsaft (Seite 197).

Durch Aufkochen: Eiweiß 0,05 Proc.

Durch Alkohol: nur Spuren von Gummi. An organ. Molekülen 0,15 Proc. (vergl. Seite 197).

Durch Ammoniak: geringe Spuren eines kleinkörnig krystallinischen Niederschlages.

Durch Abdampfen: ohne jenen Absatz, Syrup 27 Proc.

Durch Einäschern des Syrup: 4 Proc. vom Syrupgewicht Asche, meist Kalksalze.

3) Der Cambialsaft.

Durch Aufkochen: Eiweiß 0,13 Proc. (Pappel 0,62 Proc.).

Durch Alkohol: Gummi 3,6 Proc. (Pappel 0,7 Proc.).

Durch Ammoniak: phosphorsaure Bittererde 0,17 Proc. (Pappel 0,26 Proc.).

Durch Abdampfen: Syrup 5,75 Proc. (Pappel 5,5 Proc.).

Durch Einäschern des Syrup: Asche 9 Proc. vorherrschend Kalisalze.

Der bedeutende Gehalt des Cambialsafts an Phosphorsäure gibt dieser auch für die Holzzucht und für die forstliche Bodenkunde diejenige höhere Bedeutung, die ihr der Landwirth längst zugestanden hat. Vergl. J. v. Liebig: Ueber das Verhalten des Chilisalpeters, Kochsalzes und des schwefelsauren Ammoniak zur Ackerkrume; in: Ergebnisse agrikulturchemischer Versuche, Heft II., Seite 9, Erlangen 1859, Enke.

Auffallend ist es, daß Eisensalze und Leimlösungen auf Gerbstoffgehalt dieser Säfte nur sehr schwach und auch nur kurze Zeit nach deren Gewinnung reagiren, während jeder Sägeschnitt die Spuren einer Reaktion von Eisen zeigt.

Da die Lösung und Verwendung der Reservestoffe aus dem vorhergehenden Jahre in der ersten Hälfte des August bereits vollendet ist oder ihrer Vollendung doch sehr nahe steht, dürfen wir den hier untersuchten Holzsaft wohl als einen solchen betrachten, der dem aufsteigenden Rohsaft am nächsten steht durch die geringe Menge in ihm aufgelöster fester Stoffe. Dagegen zeichnete sich dieser Saft vor den übrigen auffallend aus durch Entwickelung einer großen Menge von Luftblasen schon bei gelinder Erwärmung, hindeutend auf eine außergewöhnlich große Beimengung von Gasen. Leider ließ sich der Holzsaft nicht in so großer Menge gewinnen, um eine nähere Bestimmung der Luftart durchzuführen. Das frühe Entweichen aus dem Safte bei der Erwärmung deutet aber auf Kohlensäure (vergl. Seite 258).

Mit Ausschluß des Syruprückstandes, der im Bastsafte am größten ist, steigert sich die Menge der in den Säften gelöster Stoffe in der Reihenfolge, in der sie vorstehend aufgeführt sind, die zugleich auch ihre wahrscheinliche Altersfolge ist.

Das, was ich vorstehend als syrupartigen Rückstand bezeichnet habe, enthält außer Zucker noch einen anderen, an der Luft sich färbenden, „Extraktivstoff," (?) der vielleicht mit dem Gerbstoff in naher Beziehung steht.

Wir haben nun die Frage zu erörtern: ob, oder wie weit die aus Reservestoffen wiederhergestellten Bildungssäfte genügen, zur Darstellung des jährlichen Zuwachses an Blättern, Trieben und Holzlagen.

Für die einjährige Pflanze reichen die im Samenkorne der Birke, Esche,

Rüster nur in sehr geringer Menge abgelagerten Reservestoffe ohne Zweifel nicht aus. Es ist somit die Möglichkeit erwiesen, daß auch ein Theil der in demselben Jahre bereiteten, primitiven Bildungssäfte auf Wachsthum verwendet werden könne. Ob und wie weit dieß auch bei älteren Holzpflanzen der Fall sei, läßt sich bis jetzt mit Sicherheit noch nicht sagen.

Entästungsversuche an alten Kiefern und an Lärchenreidelhölzern, wobei alle Zweige außer dem letzten Schafttriebe dem Baume entnommen wurden, ergaben bei der Lärche nicht allein eine verhältnißmäßig reichliche Wiederbelaubung aus der Entwickelung vieler schlafenden Augen des Schafts zu neuen Trieben, sondern auch eine, im ersten Jahre nach der Entästung gegen die vorhergehenden Jahre unverkürzte Jahrringbreite. Erst im zweiten Jahre nach der Entästung verringerte sich der Zuwachs an Trieben und Jahresringbreite auf ein, der verringerten Blattmenge entsprechendes Minimum, von wo ab dann ein langsames Steigen des Zuwachses eintrat, im Verhältniß zu der von Jahr zu Jahr sich steigernden Beastung und Belaubung. (S. Forst- und Jagdzeitung 1856, S. 365.)

Es scheint hiernach, als wenn der ganze Jahreszuwachs älterer Holzpflanzen an Trieben, Blättern, Holz- und Bastlagen den Bildungssäften entstamme, die, im vorhergehenden Jahre bereitet und in Reservestoffe verwandelt, auf das nächstfolgende Jahr übertragen werden.

Ohne Zweifel in die Periode des Wachsens der Pflanze durch Verwendung der überwinterten Reservestoffe tief eingreifend, nachdem aus dem secundären Bildungssafte neue Triebe und neue Blätter entstanden sind, tritt nun zur Frühthätigkeit der Pflanze die Aufnahme von Rohstoffen der Ernährung durch die wiederhergestellte Belaubung und deren Verarbeitung zu primitivem Bildungssafte, über die ich bereits Seite 193—199 meine Ansichten niedergelegt habe. Den Zeitraum dieser Thätigkeit nenne ich den Vegetationssommer.

Ohne Zweifel sind es die Blätter unserer Holzpflanzen, vielleicht auch die jüngeren Triebe, so lange deren Rindezellgewebe dem Lichte zugänglich ist, in denen die erste Verarbeitung der Rohstoffe zu Bildungssäften unter Lichtwirkung vor sich geht. Es ergibt sich dieß zweifelsfrei aus meinen Entlaubungsversuchen (S. 192—199), aus dem nachgewiesenen Einflusse, den die, nach der Entlaubung in den nächsten Jahren steigende Blattmenge auf die Größe der jährlichen Holzproduktion erkennen ließ. Indeß habe ich gleichzeitig nachgewiesen, daß diese jährliche Steigerung der Wiederbelaubung nur bis zu einem gewissen Grade der Laubproduktion fortdauert, daß, wenn der bis zum Gipfeltriebe entästete Baum nach Verlauf von 5—6 Jahren eine Laubmenge wieder erlangt hat, die einer normalen 5—6jährigen Beastung entspricht, auch die normale Trieblänge und Holzringbreite wieder eintrete; daß eine von da ab noch mehr gesteigerte Laubmenge außer Einfluß auf die Jahrringbreite und Trieblänge bleibe. Schon der einfache Augenschein des Zuwachses unserer Waldbäume bestätigt diese Thatsache. Die von Jugend auf im Freien erwachsene, bis zum Boden beastete und benadelte Fichte besitzt eine um mehr als das zehnfache größere Belaubung als die benachbarte, im Schlusse erwachsene Fichte; ihr Zuwachs ist aber deßhalb keineswegs ein zehnfach größerer. Wenn er unter günstigen Standortsverhältnissen

durchschnittlich als ein um Weniges größerer sich ergibt, so liegt dieß theils in der größeren und unbehinderten Bewurzelung, theils in dem Umstande, daß hier jeden Falles und jeder Zeit das nothige Maß der Belaubung vorhanden ist, das dem unter gleichen Standortsverhältnissen in starkem Schlusse erzogenen Baume, besonders bei vernachlässigten Durchforstungen, wenigstens zeitweilig wohl fehlen dürfte.

Die Frage, welches die der größten Massenproduktion des Baumes entsprechende Beastung und Belaubung sei, in welchem Grade ein, den Zuwachs an der Einzelpflanze schmälerndes Weniger compensirt werde durch die größere Zahl der Producenten des gedrängt erwachsenden Holzbestandes, ist für die Erziehungslehre unserer Wälder von größter Wichtigkeit und findet im Waldbau ihre nähere Erörterung.

3. Der Vegetationsherbst.

Der in den Blättern bereitete primitive Bildungssaft, den wir bereits Seite 197 näher kennen lernten, verläßt diese, rückschreitend durch den Blattstiel, gelangt von diesem aus in das Siebfasergewebe der Bastschichtung und steigt in dieser möglichst tief abwärts, so daß von ihm zuerst die Wurzeln, dann die tieferen, darauf die höheren Stammtheile, erst dann die Aeste und Zweige gespeist werden. Ich habe dieß durch eine Reihenfolge von Versuchen nachgewiesen (Forst- und Jagdzeitung 1857, S. 290), aus denen hervorgeht, daß diese aufsteigende Füllung des Baumes mit niedersinkendem Bildungssaft bei der Eiche vom Juli bis Mitte September, beim Ahorn vom Mai bis in den August, bei der Lärche vom Juni bis Anfang Oktober, bei der Kiefer vom September bis Mitte Oktober dauert, also bei verschiedenen Holzpflanzen sehr verschieden lange Zeiträume, von $1^1/_2$ bis $3^1/_2$ Monate in Anspruch nimmt.

In der Wurzel angelangt speist der in der Basthaut niedergestiegene Bildungssaft, in radialer Richtung von dieser aus, wahrscheinlich durch die Markstrahlen sich verbreitend, sowohl das Zellgewebe der Rinde als das Fasergewebe des Holzkörpers und die Zellfasern des Bastgewebes selbst.

In allen den vom Bildungssafte gespeisten Elementarorganen, die später als Reservoire für die Reservestoffe sich zu erkennen geben, treten in Folge dessen eigenthümliche Veränderungen ein, darin bestehend, daß die innerste (secundäre) Zellwandung in den Zustand des Ptychodeschlauches zurückschreitet und ein neuer Zellkern entsteht, der den, in dem Ptychoderaum aufgenommenen Bildungssaft in sich aufnimmt, durch diesen wächst und seine Kernstoffkörperchen unter Erweiterung der Hüllhaut zu Stärkemehl- und Klebermehlkörnern ausbildet, während das Kernkörperchen zu einem neuen Zellkerne heranwächst. Dieser Vorgang, das Heranwachsen des Kernkörperchens zum Zellkerne, die Umbildung der Kernstoffkörperchen zu organisirten, hüllhautigen, festen Körpern (Stärkmehl, Klebermehl, Inulin) wiederholt sich so oft, bis der innere Zellraum mit diesen Körpern mehr oder weniger erfüllt ist, worauf sowohl die Schlauch- als die Zellkernhäute resorbirt werden, so daß den Winter über die körnigen Reservestoffe den Zellraum ohne andere Beimengung erfüllen (Seite 181, Fig. 25).

Wenn ich die Zeit, in welcher die Reservestoffe für das nächste Jahr

sich bilden, den Vegetationsherbst nenne, so darf man das nicht wörtlich nehmen. In der That beginnt die Bildung der Reservemehle schon viel früher. In den Zellfasern und in den mehlbildenden Holzfasern, sowie in den Markstrahlzellen des Holzkörpers tritt Stärkemehl schon wenige Wochen nach dem Entstehen dieser Organe, also schon im Frühjahre auf, setzt sich aber wie die Holzbildung selbst bis in den Herbst fort.

Was die Menge betrifft, in der die Reservestoffe sich bilden, so ist diese eine sehr verschiedene, nicht allein bei verschiedenen Holzarten, sondern auch in verschiedenen Baumtheilen. In den Wurzeln junger Pflanzen, der Rothbuche, Roßkastanie, Akazie, steigt der Gehalt an Stärkemehl bis 26 Proc. vom Trockengewicht des Holzes; ich habe daraus das Mehl schon vor 40 Jahren in einer zum Brodbacken genügenden Menge rein dargestellt (Journal für praktische Chemie 1835, S. 217; s. auch meine Jahresberichte 1837, Seite 607). Auch die Wurzeln der Nadelhölzer enthalten bedeutende Mehlmengen, wenn auch weniger als die Laubhölzer. Eine dem geringen Mehlgehalt des Stammes immergrüner Nadelhölzer entsprungene Ansicht: „bei diesen werde im Blatte das Organ zur Bereitung der Bildungssäfte, bei den sommergrünen Laub= und Nadelhölzern hingegen werde der zu Reservestoffen fixirte Bildungssaft für die Blattreproduktion von einem Jahre auf das andere übertragen," erleidet in Bezug auf die immergrünen Nadelhölzer eine Beschränkung, da diese sich in Bezug auf Reservestoffgehalt den sommergrünen Pflanzen doch nicht so schroff gegenüber stellen, als ich dieß damals glaubte. Nächstdem ist das Mehl am reichlichsten in den jüngeren Zweigen der Holzpflanzen abgelagert. Im Stamme armsdicker Reidelhölzer suchte ich den Gehalt an Reservestoffen zu bestimmen aus dem Trockengewichtvergleiche des im Winter und des zur Zeit vollkommener Lösung der Reservestoffe gefällten Holzes, wozu entrindete Stammabschnitte aus 4 Fuß Schafthöhe von Bäumen verwendet wurden, die, gleich alt und gleich kräftig, auf gleichem Standorte nebeneinander erwachsen waren. Es ergab sich hieraus, auf den Kubikfuß Holzmasse berechnet,

für die harten Laubhölzer	3 Pfund	= 7	Proc.	des Trockengewichts,
für die weichen Laubhölzer	2,35 „	= 8	„	„ „
für die Nadelhölzer . .	0,85 „	= 3	„	„ „

Mindergewicht des Reservestoff=freien Sommerholzes, entsprechend einer Reservestoffmenge des Winterholzes, die jedenfalls ausreichend ist zur Herstellung des ganzen nächstjährigen Zuwachses aus ihr. (Vergl. Forst= und Jagdzeitung 1857 und Bot. Zeitung 1858, Seite 335.)

Der Vegetationsherbst ist die Zeit des Reifens. Frucht und Same reifen mit vollendeter Ansammlung der Reservestoffe, und werden dann von der Mutterpflanze abgeworfen. Die Knolle, Rübe, Zwiebel reifen mit der Ausbildung ihrer Reservestoffe, die Mutterpflanze trennt sich von ihnen durch ihr Absterben. Der Stamm des Staudengewächses (Sambucus, Ebulus, Spiraea Aruncus) verhält sich zur ausdauernden Wurzel wie die Kartoffelpflanze zu ihrer Knolle, wie die Lilie zu ihrer Zwiebel. Auch hier sind es die Reservestoffe der Wurzel, aus denen die Sprossen der nächstjährigen Pflanze sich bilden. Die Belaubung des sommergrünen Baumes (in seltenen Fällen selbst ein Theil der Bezweigung: Taxodium, Glyptostrobus) ver=

hält sich zu den bleibenden Pflanzentheilen wie der Staudenstengel zu seiner Wurzel, wie das Samenkorn zum Zapfen, wie der Zapfen oder die Fruchtkapsel zum Baume sich verhält; sie reift im Herbste unter eigenthümlichen Stoff- und Farbeveränderungen ihres Zelleninhalts und wird alsdann wie Same und Frucht von der Mutterpflanze abgeworfen. Daß äußere Einflüsse hierbei nicht mitwirkend sind, zeigt uns die mehrjährige Lebensdauer der Blätter selbst nahe verwandter nebeneinander wachsender Pflanzenarten (Quercus Robur und Ilex, Prunus domestica und lusitanica, Larix europaea und Cedrus Deodara).

Dem Vegetationsherbste gehört endlich auch die Vollendung der Knospenbildung an, deren Beginn, in Bezug auf die Endknospen, kurz vor Vollendung des Längenzuwachses der Triebe eintritt, während die Seitenknospen schon während der Triebbildung sich ausbilden. Es fehlen mir zur Zeit noch diejenigen Reihen methodischer Beobachtung, die nothwendig sind, um das allgemein Gesetzliche der Knospenentwickelungsperioden feststellen zu können.

4. Der Vegetationswinter.

Wenn der jährliche Zuwachs an Trieben, Holz- und Bastschichten bis zur Vollendung der Breitfaserschicht ausgebildet ist, wenn in den Knospen auch die anticipirten Bildungen des nächstjährigen Triebes vollendet, wenn die Reservestoffe des nächsten Jahres aufgespeichert sind, tritt ein Nachlassen und endlich, bei Frost, ein Stocken der Saftbewegung in allen Pflanzentheilen ein, durch welches die vitalen Funktionen des Pflanzenkörpers in einen Ruhestand treten, ähnlich dem Ruhestande des reifen Samenkorns, der reifen Knolle, Zwiebel, Rübe.

Ich habe gezeigt, daß das Holz unserer Waldbäume zur Winterszeit keineswegs wesentlich weniger Saft enthalte als selbst zur Zeit des Blutens der Bäume. Wenn dem unerachtet das Winterholz auf Querschnittflächen weniger feucht erscheint, als zu jeder anderen Zeit, wenn es im Herbst und Winter nicht mehr gelingt, durch Erwärmung in der geschlossenen Hand Flüssigkeit auf die Schnittfläche der Zweigstücke empor zu treiben, so liegt darin der Beweis, daß es ein bedingtes Aufhören[1] der Saftbewegung sei, welches die scheinbar größere Trockenheit des Winterholzes zur Folge hat, woraus man weiter folgern darf, daß die Saftbewegung selbst, wenn auch von physikalischen Erscheinungen getragen, dennoch an sich eine vitale Funktion sei; eine Funktion, die unter gleichen Zuständen und Einflüssen, einer inneren Nothwendigkeit untergeordnet, in ihrer Wirksamkeit nicht allein abgeändert und beschränkt, sondern periodisch ganz unterbrochen wird.

Es ist also nicht das Aufhören der Saftbewegung, welches die Winter-

[1] Bereits Seite 252 habe ich nachgewiesen, daß auch im Winter bei milder Witterung die Verdunstung, daher auch die Saftbewegung und Feuchtigkeitsaufnahme aus dem Boden nicht gänzlich aufhöre. Bei den sommergrünen Bäumen ist sie durch den Blattabfall allerdings auch in warmer Winterwitterung beschränkt auf die geringe Verdunstungsfläche der jüngeren Zweige. Exotische Nadelhölzer, deren Triebe im Herbste unfertig geblieben waren, deren Nadeln erst ¼ der endlichen Länge erreicht hatten, im Kalthause überwintert, ließen die krautigen Triebe herabhängen, wenn das Begießen versäumt wurde, und erstarkten nach erfolgtem Gießen. Demohnerachtet fand während der Dauer des Winters eine Veränderung durch Wachsthum an keinem Theile der Pflanzen statt.

ruhe unserer Holzpflanzen kennzeichnet, sondern es muß hiermit nothwendig eine Veränderung in der Natur des Saftes verbunden sein, die sich darin ausspricht, daß er im Zustande der Winterruhe weit weniger empfänglich gegen äußere Einflüsse ist, daß er sich weit mehr der Zersetzung durch chemische Agentien entzieht. Der Wintersaft unserer Waldbäume[1] kann bis in das Mark zu Eiskrystallen gefrieren, ohne daß dieß seiner Gesundheit schadet, selbst die krautigen, zarten Pflänzchen des Winterroggens und des Winterrapses werden vom Frost nicht getödtet, während derselbe Saft im Frühjahre nach Beginn der Vegetation vom Froste unfehlbar getödtet wird, und sehr rasch eine Zersetzung erleidet, die das sogenannte Stocken des Holzes zur Folge hat. Wir alle wissen, daß das im Winter gefällte Holz unserer Waldbäume weit dauerhafter ist, als das Holz der im Sommer gefällten Bäume. Dieß hat allein darin seinen Grund, daß die, wie ich gezeigt habe, ebenso große Saftmenge des Winterholzes austrocknet, ohne sich zu zersetzen, während der Saft des Sommerholzes unter denselben Verhältnissen sich rasch zersetzt und zum Nährstoff für eine Menge niederer Pilzgebilde wird, deren Keime, gleichzeitig auch in den innersten Schichten des Holzkörpers starker Bäume, aus den zur Lebensthätigkeit erwachten, körnigen und bläschenförmigen Organismen des Zelleninhaltes entstehen, Pilzbildungen, die ich deßhalb unter dem Namen der Nachtfasern (Nyctomycetae) vereint habe.

Es entspringt hieraus die Frage, ob es eine materielle Verschiedenheit des Holzsafts sei, welche diesem verschiedenen Verhalten des Winter= und des Sommersafts zum Grunde liegt. Was ich hierüber ermitteln konnte, spricht gegen diese Annahme. Ohne Zweifel finden materielle Verschiedenheiten des Winter= und des Sommersafts statt, schon in Folge der Reservestofflösung, allein diese scheinen doch mehr die Quantität als die Qualität der gelösten Stoffe zu betreffen. Der im December und Januar bei milder Witterung gewinnbare Holzsaft der Hainbuche ist stofflich nicht wesentlich von demjenigen verschieden, den man noch zur Zeit des Laubausbruches gewinnen kann, obgleich zu dieser Zeit bedeutende Mehlmengen gelöst sind.

b) Wachsthum.

Nachdem wir im Vorhergehenden gesehen haben, in welcher Weise die Pflanze sich diejenigen Rohstoffe aus ihrer Umgebung aneignet, deren sie bedarf, zur Darstellung derjenigen Bildungssäfte, die, von Zelle zu Zelle wandernd, den Stoff zu weiterer Zellenbildung und Zellenmehrung, also zum Wachsthum der Pflanze in sich tragen (Seite 193); nachdem wir gesehen haben, wie und wo jene Rohstoffe zu Bildungsstoffen umgewandelt werden (Seite 195); nachdem ich gezeigt habe, wie und wo jene Bildungsstoffe aus Neubildungen verwendet und fixirt werden (Seite 195, 268, 278); welches die Wege seien, auf denen die Bildungssäfte zum Orte ihrer endlichen Verwendung gelangen (Seite 269—275), wenden wir uns nun zur Betrachtung der Wachsthumserscheinungen selbst.

[1] Ueber den Gehalt desselben an Zucker, Gummi, Xylochrom, Aesculin habe ich bereits Seite 249, 262, 276 gesprochen. Der Wintersaft ist demnach keineswegs ärmer an in ihm aufgelösten Stoffen, als der Sommersaft. Die raschere Zersetzung des Sommersafts läßt sich hieraus entschieden nicht erklären.

Bereits Seite 165, 171 habe ich nachgewiesen, daß nur die erste Zelle einer jeden Pflanze (und die ihr verwandten ersten Endospermzellen des Keimsäckchens) der freien Zellenbildung aus dem Zellkerne ihre Entstehung verdankt. Seite 169, 171 zeigte ich, daß und wie aus der Urzelle ein mehrzelliger Körper hervorgehe, durch Theilung der vorgebildeten Zellen in Tochterzellen; daß und wie unter fortdauernder Zellenmehrung durch Abschnürung die Gegensätze zwischen auf- und absteigendem Längenzuwachse entstehen, daß und wie neben diesem Längenzuwachse ein Dickezuwachs durch senkrechte Abschnürungsrichtung hervortrete, wie sich im Zellgewebe der Hauptachse des Embryo Nebenachsen der Abschnürung zur Blatt- und Knospenausscheidung bilden (Seite 170).

Ferner zeigte ich, wie durch eine dritte diagonale Abschnürungsrichtung im wachsenden Zellgewebe des Embryo Faserbündel entstehen (Seite 174); daß in dem entstandenen Faserbündelkreise ein Gegensatz zwischen Bast- und Holzkörper entstehe, und daß von da ab, in jedem Punkte der Grenze zwischen Bast und Holz, eine fortgesetzte Verdickung beider Faserschichten durch Längentheilung eines Paares permanenter Mutterfasern eintrete (Seite 177), bis Holz- und Bastkörper des ersten Jahres dadurch ihre normale Dicke erlangt haben, unter fortdauernder Zellenmehrung des Rindezellgewebes durch Abschnürung in radialer und tangentaler Richtung (Seite 218, 220).

Wir haben hier daher nur noch diejenigen Wachsthumserscheinungen zu betrachten, durch welche die fertige einjährige Pflege zur zwei- und mehrjährigen Pflanze sich fortbildet.

Denken wir uns eine Vollkugel, die in ihrem ganzen Umfange alljährlich durch eine neu hinzukommende Holzschicht sich erweitert. Denken wir uns ferner eine Hohlkugel, die auf ihrer inneren Wandfläche alljährlich eine neue Bastschicht bildet. Denken wir uns ferner die Hohlkugel über die Vollkugel gelagert, so mag dieß Bild als Grundlage des jährlichen Schaftzuwachses dienen, dahin abgeändert,

1) daß die über- und ineinander gelagerten Holz- und Bastschichten nicht kugelförmig, sondern zu einer sehr langstreckigen Spindel ausgezogen sind,

2) daß jede jüngere Holz- und Bastschicht über die Endpunkte der Längenachse der nächst älteren Spindel hinaus zum Jahres- oder Längentriebe bedeutend verlängert, gewissermaßen ausgezogen ist,

3) daß am oberen Ende der Längenachse die Holz- und Bastschichten nicht geschlossen sind wie am Wurzelende der Längenachse, sondern, in der Spitze der jüngsten Schicht ringförmig genähert, die Verbindung des Markes mit dem Rindezellgewebe des aufsteigenden Knospenwärzchens nie unterbrechen.

Die folgenden Abbildungen, eine ein-, zwei- und dreijährige Holzpflanze in der Längsschnittfläche schematisch darstellend,[1] mögen das Folgende erläutern.

[1] Durch ein Versehen sind in diese Abbildungen nur die übereinander gelagerten Holzlagen aufgenommen. Man kann die fehlenden Bastschichten in den Raum r sich hineinzeichnen und zwar in Fig. a als eine, in Fig. b als zwei, in Fig. c als drei, der äußersten Holzgrenze parallele und dicht nebeneinander verlaufende zarte Linien, deren innerste in Fig. b und c nur bis zur Höhe von t, deren zweite bis zur Höhe von t t hinaufreicht.

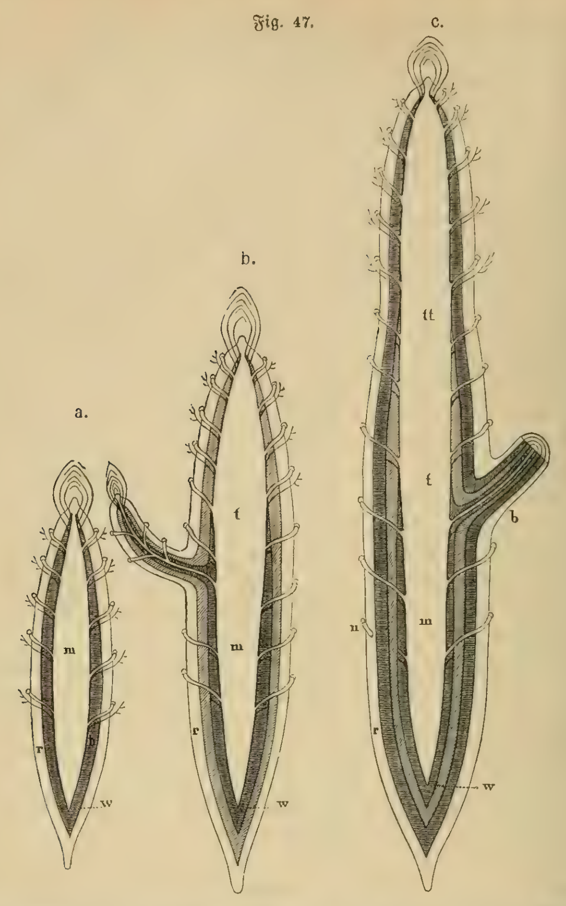


Fig. a zeigt die einjährige Pflanze, in welcher m das Mark, r die Rinde, die Theile zwischen r und w den Wurzelstock und die Pfahlwurzel, die Theile unter w die eigentliche marklose Wurzel bedeuten. Von der inneren Grenze des Holzkörpers (b) aus sehen wir die Blatt= und Knospen=ausscheidungen je zwei nach außen sich abscheiden. Die letzten, obersten Blattausscheidungen umhüllen als Knospendeckblätter das aufsteigende Knospen=wärzchen, dessen Zellgewebe, durch den unter ihm verengten, aber ge=öffneten Holzring hindurch in das Zellgewebe des Markes, seitlich in das Zellgewebe der Rinde sich unmittelbar fortsetzt.

In der zweijährigen Pflanze (Fig. b) finden wir den (horizontal ge=strichelten) Holzkörper der einjährigen Pflanze nur dadurch verändert, daß die ringförmige Oeffnung desselben unter der Knospe durch Vergrößerung des Markgewebes bei und unter t zur normalen Markröhrenweite ausein=andergedrängt ist. Eine zweite Holzschicht hat sich mantelförmig über die erste abgelagert. Unter t bildet dieselbe im Querschnitte einen zweiten, durch

schräge Strichelung bezeichneten Jahresring; über t bildet sie den zweiten Jahrestrieb, der in jeder Hinsicht dem ersten Jahrestrieb der einjährigen Pflanze gleicht, von dem nur die innersten Spiralgefäßbündel wie die Bastlagen sich ununterbrochen in den zweiten Jahrestrieb fortsetzen (vergl. Seite 135 Fig. 5).

In der dreijährigen Pflanze (Fig. c) hat eine dritte Holzschicht unter denselben Veränderungen die zweite Holzschicht eingeschlossen und über t t einen dritten Längetrieb, unter t t einen dritten Jahresring gebildet. Dasselbe ist der Fall im absteigenden Stocke w, dessen Jahrestriebe der Raumersparniß wegen sehr verkürzt gezeichnet wurden.

Dieser jährliche Zuwachs an Jahresringen und Längentrieben zwischen den vorgebildeten Jahresringen und über den vorgebildeten Längentrieben wiederholt sich alljährlich bis zum Tode der Pflanze, auch dann noch, wenn die ältesten Holzschichten durch Fäulniß längst abgestorben sind. Da unter normalem Verlauf der Entwickelung neue Blätter und neue Knospen sich nur am letztjährigen Triebe bilden können, da der Holzring älterer Baumtheile nur eine Fortsetzung des Jahrestriebs nach unten ist, so müßte ein Aussetzen der Trieb- und Ringbildung auch einen, ein ganzes Jahr fortdauernden, laublosen Zustand der Pflanzen mit einjähriger Belaubung mit sich führen, der außerhalb der Grenzen unserer Erfahrung an lebenden Pflanzen liegt, daher wir aus der Zahl der Längentriebe oder der Jahresringe nicht allein das Alter der Pflanzen, sondern auch das Alter eines jeden Baumtheils ermitteln können.

Neben diesem Zuwachs der Hauptachse wiederholen sich alljährlich, in dem neu hinzutretenden Längentriebe, die Ausscheidungen an Blättern und Knospen (Seite 133); es wiederholt sich die anticipirte Entwickelung des nächstjährigen Längentriebes innerhalb der Knospendecken (Seite 134).

In den älteren Baumtheilen wächst der Knospenstamm der Blattachsel, durch unterrindige Triebbildung, innerhalb der neu hinzutretenden Holz- und Bastschichten, als Kryptoblast eine kürzere oder längere Reihe von Jahren in horizontaler Richtung nach außen (Seite 148), bis er endlich abstirbt, unter Umständen als Sphäroblast in der grünen Rinde noch mehrere Jahre fortwachsend, Fig. 14 (Seite 153). Bei den Pflanzen mit mehrjähriger Belaubung erhält sich auch der Blattstamm innerhalb der neu hinzutretenden Holz- und Bastschichten durch intermediäre Triebbildung so lange fortwachsend und lebendig, als das Blatt grün und lebensthätig bleibt (Seite 151). Leicht kann man sich durch einige Längenschnitte überzeugen, daß die Faserbündel des dreijährigen Nadelbüschels der Kiefern wie der vier- bis achtjährigen Fichten- oder Tannennadeln, so lange diese grün und saftig sind, durch alle nach ihnen entstandenen Holz- und Bastlagen hindurch bis zum Marke ununterbrochen sich fortsetzen. Bei den Pflanzen mit einjahriger Belaubung erlischt der Längezuwachs des unterrindigen Faserbündels der Blätter schon im ersten Jahre (Seite 150 Fig. 13).

Häufig schon am einjährigen Triebe, aber auch an älteren Baumtheilen, so lange die Blattachselknospen als Kryptoblaste durch unterrindigen Längezuwachs sich lebendig erhalten, entwickeln sich aus einer oder mehreren

Blattachselknospen der Hauptachse des Baumes Nebenachsen (Fig. 47 b) dadurch, daß der in der Blattachselknospe wie in der Endknospe der Hauptachse anticipirt gebildete, nächstjährige Längetrieb in seiner Entwickelung zum Zweige und Aste weiter fortschreitet. Geschieht dieß ohne Beeinträchtigung des Längezuwachses der Hauptachse, so geht daraus die Bezweigung des Stammes hervor; geschieht es auf Kosten fortgesetzten Längezuwachses der Hauptachse, so entsteht daraus die Verästelung (Kronenbildung) derselben, die bei den Baumhölzern meist erst in höherem Alter eintritt.

Abgesehen von der abweichenden Entwickelungsrichtung, unterliegen die Nebenachsen, der Zweig und der Ast, genau denselben Ernährungs- und Wachsthumsgesetzen wie die Hauptachse selbst. Die hier wie dort alljährlich hinzukommenden Holz- und Bastschichten erscheinen allerdings als eine unmittelbare Fortsetzung der Holz- und Bastschichten des Stammes (Fig. 47 b, c); auch können die terrestrischen Rohstoffe der Ernährung und die secundären Bildungssäfte dem Zweige oder Aste nur durch die Hauptachse, durch den Stamm zugehen. Demunerachtet zeigt der Ast oder Zweig sich dadurch als ein selbstständiges, wie das Pfropfreis auf dem Wildlinge, so auf der Hauptachse gewissermaßen wurzelndes Gebilde, daß deren Zuwachs durchaus an die eigene Belaubung, daher auch an die eigene Triebbildung gebunden ist. Der laublose Ast bildet, wie der laublose Schaft, im ersten Jahre vollständiger und dauernder Entlaubung nur die Initiale neuer Holz- und Bastschichten (Seite 269), er hört von da ab auf zu wachsen und stirbt sehr bald, wenn sich eine Belaubung nicht wiederherstellt.

Daraus erklärt sich das natürliche Absterben der Nebenachsen, die natürliche Reinigung des Stammes von den unteren Aesten. Wenn dem Blatte die nöthige Lichtwirkung entzogen wird, dann kann es seine Funktionen nicht erfüllen, primäre Bildungssäfte nicht bereiten. Der verschattete Ast lebt fortan nur von den ihm durch die kümmernden Blätter zugeführten secundären Bildungssäften. Daher sehen wir dann mit zunehmender Beschattung am verdämmten Aste die Belaubung, die Triebbildung und die Jahresringe des Holzes und des Baumes zunehmend kleiner und schwächlicher werden, und endlich gänzlich aufhören, wir sehen den verdämmten Ast endlich absterben, während an allen übrigen, in ihren Extremitäten der Lichtwirkung ausgesetzten Baumtheilen der üppigste Zuwachs stattfindet.

In unseren geschlossenen Hochwaldbeständen ist es die Beschattung der gedrängten Schirmflächen aller Bestandsglieder, die verdämmend auf die tiefere Beastung einwirkt und ein Absterben derselben gewöhnlich erst im zehn- bis zwanzigjährigen Bestandsalter zur Folge hat, dann nämlich, wenn der alljährlich höher aufsteigende Blattschirm sich so verdichtet hat, daß er die Lichtwirkung auf die tiefere Belaubung aufhebt. Wir sagen dann, der Bestand reinige sich. Wir sagen, der Bestand scheide sich aus, wenn die Unterdrückung sich nicht mehr allein auf die tieferen Aeste, sondern auch auf diejenigen Pflanzen erstreckt, die in Folge geringerer Lebenskraft und Zuwachsfähigkeit hinter den lebenskräftigeren Pflanzen des Bestandes zurückbleiben und von diesen übergipfelt werden.

Wie die Fig. d Seite 148 und Fig. 49 ergibt, reicht jeder Ast mit

seiner Basis bis zur Markröhre des Stammes, und erweitert sich von da aus kegelförmig im Holze bis zur äußeren Astdicke. Diese kegelförmige Astbasis stört den graden Verlauf der Holzfasern des Schaftes und vermindert die Spaltigkeit derselben um so mehr, je älter der Ast, je länger und breiter der Astkeil wird. Je früher ein Schaftzweig abstirbt oder abgehauen wird, um so kleiner ist der Astkeil, um so geringer ist die Störung im graden Verlauf der Holzfasern des Schaftes, um so früher hört die Störung gänzlich auf.

Eine andere Folge des früher eintretenden und höher hinauf sich fortsetzenden Absterbens der Schaftäste ist die Vollholzigkeit, das Aushalten des Schafts in der Dicke. An dem im Freien erwachsenen, tief beasteten Baume führt jeder Ast dem Schafte eine gewisse Menge für den eigenen Zuwachs überschüssiger Bildungssäfte zu. Da, wie ich Seite 271 gezeigt habe, die secundären Bildungssäfte des Bastes nur abwärts sich fortbewegen, können die aus den Aesten dem Stamme zugehenden Bildungssäfte auch nur den unter jedem Aste befindlichen Schafttheilen zugehen. Da diese zugleich aber auch noch Bildungssäfte aus der höheren Beastung empfangen, so muß der Zugang an solchen und in Folge dessen der Zuwachs — die Jahrringbreite — in den unteren Baumtheilen eine größere als in den oberen Baumtheilen sein, es muß sich ein mehr kegelförmiger, abholziger Schaftwuchs herausbilden. Im Baume mit hohem Kronenansatze hingegen, wie wir ihn im geschlossenen Hochwaldbestande erziehen, ist der Zugang von Bildungssäften zunächst der Krone am größten, er muß in Folge des dort schon eintretenden theilweisen Verbrauchs nach unten hin abnehmen. In Folge dessen ist dann auch an solchen Bäumen der Zuwachs in den höheren Schafttheilen ein größerer, oft bis zum Doppelten der Holzringbreite in tieferen Schafttheilen. Je mehr dieß der Fall ist, um so mehr nähert sich die Schaftform der Walze, trotz der nach oben hin geringeren Zahl der Jahreslagen.

Wenn Holzbestände, die in voller Bestockung erwuchsen, erst in höherem Bestandsalter so licht gestellt werden, daß ihre Kronen sich frei entwickeln können, dann bleibt in der Regel der Kronenansatz ein unveränderter, es wird daher auch der Einfluß desselben auf die Vertheilung des Zuwachses in die Schafttheile sich nicht verändern. Ergibt sich in Folge solcher Durchlichtungen eine dauernde Zuwachserhöhung am Schaftholze, so kann diese nur auf vermehrter Blatt- und Wurzelmenge beruhen (s. Band II. Wahl der Durchforstungsarten).

Jede lange dauernde, zu größerer Stärke heranwachsende Beastung hat endlich auch Unregelmäßigkeiten in der Abrundung, und im graden Verlaufe des Schaftwuchses zur Folge, die für viele Zwecke den Werth des Schaftholzes ebenfalls herabsetzen kann.

Alles dieß spricht für die Erziehung der Holzbestände im Schlusse.

Auch im freien Stande reinigt sich der Schaft der meisten Holzarten, wenn auch nur bis zu geringen Höhen ohne künstliche Beihülfe von der Bezweigung. Verschiedene Holzpflanzen zeigen hierin ein verschiedenes Verhalten. Unter den Nadelhölzern besitzt dieß Vermögen am meisten die Lärche, am wenigsten die Fichte; unter den Laubhölzern besitzen es die

Aspe, Birke, Erle am meisten, die Buche und Hainbuche am wenigsten. Man ist geneigt, auch diese Reinigung der Verdämmung unterer Aeste durch die höhere Belaubung zuzuschreiben. Dem widerspricht aber schon der Umstand, daß im Allgemeinen es die minder schattenden Holzarten sind, unter den Nadelhölzern die Lärche, unter den Laubhölzern die Aspe, die sich höher aufwärts auch im freien Stande reinigen. Auch müßte dann die Reinigung auf der Nord- und Südseite der Bäume in sehr verschiedener Zeit eintreten, was entschieden nicht der Fall ist. Auch hierin, wie in so vielem Anderen müssen wir uns gestehen, daß eine selbst nur hypothetische Erklärung nicht gegeben werden kann.

Die Zuwachsgröße überhaupt ist eine bei verschiedenen Holzarten außerordentlich verschiedene. Ganze Familien, die der Vaccineen, Ericeen, Solaneen ꝛc. treten wenigstens in der heimischen Flor nur mit Pflanzen geringer Zuwachsfähigkeit hervor, die auch unter den allergünstigsten Standortsverhältnissen ein geringes Maß endlicher Körpergröße nicht übersteigen. Andere Familien, selbst einzelne Gattungen zeigen hierin die größten Verschiedenheiten verschiedener Arten. Die kleine Gletscherweide und die riesige Weißweide, die Zwergbirke und die Weißbirke, der Zwergwachholder und die virginische Ceder bieten Beispiele dar. Andere Familien, wie die der Ahorne, der Eschen, der Nußbäume, andere Gattungen, wie die der Fichten und der Tannen, der Linde und der Roßkastanie enthalten nur Großbäume; jener specifischen Zuwachsfähigkeit gegenüber besteht hier eine generische Zuwachsfähigkeit, deren Größe innerhalb gewisser Grenzen eine von äußeren Einflüssen durchaus unabhängige ist, trotz der vollkommensten Uebereinstimmung im anatomischen Baue sowohl, als in der chemischen Constitution der verschiedenartigsten Bestandtheile des Pflanzenkörpers, die selbst Salix herbacea gegenüber Salix alba nicht verläugnet. Wie kann man, solchen Thatsachen gegenüber, die Existenz einer individuell abgeschlossenen, die chemischen und physikalischen Akte des Pflanzenlebens beherrschenden Sonderkraft in Abrede stellen?

Von den specifischen Unterschieden der Zuwachsfähigkeit gelangen wir zum Racenunterschiede derselben. Der Landwirth kennt eine Riesengerste, Riesenmais ꝛc., der Gärtner einen Riesenkohl, Riesenhanf ꝛc. Beide pflanzen diese Raceunterschiede durch Aussaat fort. Bei unseren Holzpflanzen treten diese Unterschiede in Folge ihrer langsamen Entwickelung weniger hervor, oder vielmehr, es sind dieselben noch zu wenig erforscht und beachtet. Die Zahl eigener Beobachtungen in dieser Richtung ist noch zu gering, als daß ich einen bestimmten Lehrsatz darauf bauen möchte; so viel glaube ich aber schon jetzt aus ihnen ableiten zu dürfen, daß der Same aus den bestwüchsigsten Beständen und von den Bäumen erster Größeklasse entnommen, auch die kräftigste, zuwachsfähigste Nachkommenschaft liefern wird, daß wir auch auf diesem Wege nicht wenig auf Verbesserung künftiger Waldzustände hinwirken können.

Noch einen Schritt weiter, und wir gelangen zur individuellen Zuwachsfähigkeit, zum Mehr oder Minder derselben, selbst unter den Pflanzen aus dem Samen desselben Mutterbaums. Im Thierreiche tritt uns dieselbe mit der größten Bestimmtheit entgegen, weil das Thier meist schon

nach Ablauf weniger Jahre seine endliche Körpergröße erreicht und von da ab, selbst bei der reichlichsten Ernährung, abgesehen von den vorübergehenden Folgen der Mästung, weder größer noch schwerer wird. Hier treten selbst unter den Nachkommen desselben Elternpaares die größten Unterschiede endlicher Körpergröße hervor, die, abgesehen von Siechthum oder Verkrüppelung, unstreitig schon im Keime liegen, durch Gunst oder Ungunst äußerer Einflüsse keine Veränderung erleiden. Wenn unter Geschwistern der eine mit fünf, der andere mit sechs Fuß in seinen Schuhen steht, wenn der eine blondes Haar und blaue Augen, der andere schwarzes Haar und braune Augen hat, so sind das individuelle, schon im Keime gegebene Unterschiede, die sich bis zur Schärfe sinnlicher Wahrnehmung, bis zur Verschiedenheit geistiger Fähigkeiten erstrecken. Im Pflanzenreiche sind diese Unterschiede weniger scharf ausgeprägt, doch treten sie auch hier dem sorgfältigen Beobachter bestimmt entgegen. Der Pastor Mauksch, dessen Herbarium wir hier besitzen, unterschied 250! Formen der Salix silesiaca in den Karpathen, beobachtete jede derselben viele Jahre hindurch und verzeichnete nur die constanten Unterschiede in sehr ausführliche Diagnosen. Viele unserer Holzpflanzenarten würden bei gleich eingehender Beobachtung Aehnliches ergeben. Ich halte es für viel näher liegend, wenn man diese Unterschiede für individuelle hält, als das Streben sie sämmtlich auf Bastardirung zurückzuführen. Weil die Pflanze nie auswächst, treten die Unterschiede in der Zuwachsfähigkeit an ihr weniger scharf als am Thiere hervor. Indeß fehlen auch hierfür in unseren Waldungen die Fingerzeige nicht. Das gleichartige und gleichaltrige Oberholz im Mittelwalde zeigt Unterschiede im Massengehalte dicht nebeneinander, unter durchaus gleichen äußeren Einflüssen erwachsener Bäume, die bis zum zwei- oder dreifachen des Holzgehaltes steigen können. In unseren Buchenbeständen des Elm, die, aus natürlicher Besamung hervorgegangen, von Jugend auf regelmäßig durchforstet wurden, zeigen die 150 Stämme des 120jährigen geschlossenen Bestandes doch noch Masseunterschiede bis nahe zum Dreifachen des Holzgehaltes der Stämme. Daß diese Stämme in den letzten Decennien im Wuchse zurückblieben, ist theilweise Folge ihrer Uebergipfelung, daß sie aber übergipfelt wurden und nicht selbst übergipfelten, ist eine Folge ihrer geringeren Zuwachsfähigkeit, ihrer geringeren Lebenskraft, die sehr wohl im früheren Lebensalter eine größere gewesen sein kann, in Folge dessen sie damals dem dominirenden Bestande angehörten, die bei einem größeren Theil der Pflanzen des Jungorts früher, bei einem kleineren Theile später sich verringert, in Folge dessen die Uebergipfelung fortdauernd sich erneuert, trotz des fortgesetzten Aushiebes der zurückbleibenden Stämme.

Bestehen unter den Pflanzen derselben Art verschiedene Grade individueller Lebensdauer und Entwicklungsfähigkeit, [1] ist die verschiedene Größe der Pflanzen eines im Schluß erzogenen, alten Bestandes Folge dieser ver-

[1] Wenn der Urwald Riesenbäume erzeugte, wie sie unsere heutige Forstwirthschaft nie wieder hervorbringen wird, so liegt die Ursache keineswegs allein in dem damals größeren Humusreichthum des Bodens, sondern wesentlich auch darin, daß, bei dem beschränkten Eingreifen der Cultur und der Benutzung, jene lebenskräftigsten Bestandsglieder im Stande waren, ihre Ueberlegenheit vollständiger geltend zu machen, als dieß heute der Fall ist.

schiedenen Lebenskraft, dann zeigt die geringe Zahl der Bäume erster Größeklasse des haubaren Bestandes (16—20), daß selbst unter Hunderttausenden der Pflanzen des Jungorts nur wenige größter Entwicklungskraft enthalten sind. Je größer die ursprüngliche Zahl der Pflanzen eines Jungorts ist, je gleichmäßiger diese Pflanzen in den gesammten Standraum sich theilen, je sorgfältiger darauf gesehen wird, daß dem Bestande während dessen ganzer Lebensdauer nur solche Pflanzen entnommen werden, die sich durch ihr Zurückbleiben im Wuchse, hinter dem ihrer Nachbarpflanzen, als minder lebenskräftig zu erkennen geben, um so größer wird die Zahl lebenskräftigster Pflanzen sein, die bis zum Abtriebe den Bestand bilden, um so größer muß der Massenertrag der Bestände sich herausstellen. Da nun diese Erziehungsweise zugleich auch das, durch größere Schaftmasse, Vollholzigkeit, Regelmäßigkeit der Schaftbildung, Astreinheit und Spaltigkeit bessere Material erzeugt, so ist in der That kein Grund vorhanden, dieser Erzeugungs= und Erziehungsweise nicht das Wort zu reden. Wenigstens müßten doch die Fürsprecher einer Herstellung pflanzenarmer Bestände, einer Erziehung der Pflanzen im unbeschränkten Standraume, Cotta'scher als Cotta selbst, ihre abweichende Ansicht in irgend einer Weise wissenschaftlich begründen.

An derselben Pflanze ist die Zuwachsgröße bedingt:

1) Vom Standort — von der Summe der rohen Nahrungsstoffe, die aus der Umgebung der Pflanze dieser zugehen können, und zwar in den Zeiträumen, in denen die Pflanze zur Aufnahme derselben geschickt ist. Wir nennen dieß die Fruchtbarkeit des Standorts. Sie ist Gegenstand der Bodenkunde und Klimatologie.

2) Von der Gesundheit der Pflanze.

3) Von der Summe der Ernährungsorgane, der Wurzeln und der Blätter. In dieser letzteren Hinsicht habe ich erst das Verhältniß der Belaubung zum Zuwachse in einiges Licht zu stellen vermocht. Es hat sich aus meinen Untersuchungen ergeben, daß eine gewisse Blattmenge nothwendig sei, theils zur Aufnahme der atmosphärischen, theils zur Assimilation auch der terrestrischen Nährstoffe, wenn der Zuwachs in einer der Pflanze, dem Pflanzenalter und dem Standorte entsprechenden Größe erfolgen soll. Für Lärchen und Kiefern, Stangenhölzer, stellte sich die Menge der hiezu nöthigen Belaubung als die einer vollen Beastung der letzten fünf Jahrestriebe des Schaftes heraus. Jede weiter hinaufreichende Entästung hatte unfehlbar eine Verringerung der Holzringbreite im zweiten Jahre nach der Entästung zur Folge. Wurden die Stangen bis auf den letzten Gipfeltrieb entästet, dann verringerte sich die Jahresringbreite im zweiten Jahre auf ein Minimum; sie stieg von da ab alljährlich in gleichem Verhältniß mit der zunehmenden Beastung und Belaubung bis zum sechsten Jahre nach der Entästung, in welchem die frühere Holzringbreite wiederhergestellt war.

Ueber diesen Grad nothwendiger Belaubung hinaus, der bei anderen Pflanzen und in anderem Pflanzenalter jedoch ein sehr verschiedener sein wird, und wahrscheinlich in höherem Alter ein größerer ist, scheint eine größere Laubmenge auf Steigerung des Zuwachses nicht oder nur unbedeutend einzuwirken. Eine zwanzigjährige bis zum Fuße dicht benadelte Fichte besaß 1,555,000 Nadeln, die zusammen 225 Quadratfuß Fläche deckten.

Obgleich dieselbe, von Jugend auf im Freien erwachsen, stets eine verhältnißmäßig eben so große Blattfläche getragen hatte, war ihre Schaftholzmasse doch nur um einige Pfunde schwerer, als die einer eben so alten, von Jugend auf im Schlusse erwachsenen, daher gering benadelten Fichte. Eine gleich alte Kiefer mit 122,000 Nadeln, die eine Fläche von nur 47 Quadratfußen deckten, blieb im Trockengewicht des Schaftholzes nur um $1^1/_2$ Pfund hinter der Fichte zurück. Eine von Jugend auf im Freien erwachsene und bis zum Boden bezweigte Fichte, die eine zehnfach größere Nadelmasse trägt und von je her getragen hat, als die daneben stehende, von Jugend auf in mäßigem Schluß erwachsene Fichte, ist deßhalb in der Mehrzahl der Fälle nicht massenhaltiger als Letztere. Ueberflüssige jährliche Laubproduktion muß nothwendig die Menge des bleibenden Zuwachses vermindern. Die unter den Forstleuten der Cotta'schen Schule sehr verbreitete Meinung, daß mit der Menge des Laubes auch die Menge des Zuwachses steige, entbehrt daher, außerhalb der eben bezeichneten engen Grenzen, jeder thatsächlichen Begründung.

Als Beweis des, den Zuwachs steigernden Einflusses stärkerer Belaubung und Beastung wird häufig der größere Zuwachs an den Randbäumen geschlossener Bestände angesehen. Wäre dieß richtig, so müßte eine in demselben Maße räumliche Stellung aller Bäume des Bestandes denselben Erfolg zeigen, was im Allgemeinen gewiß nicht der Fall ist. Es scheint vielmehr diese Zuwachssteigerung an die Randstellung gebunden zu sein, und dürfte der, durch die Temperaturdifferenzen in und außer dem Bestande am Rande derselben gesteigerte Luftwechsel, es dürfte der Umstand wesentlich mitwirkend sein, daß in der kurznachtigen Vegetationszeit die, am Tage kühlere, feuchtere und kohlensäurereichere Waldluft aus dem Innern der Bestände, während der Tageszeit fortdauernd dem Bestandsrande zuströmt.

Ich will hiermit jedoch keineswegs behaupten, daß eine, über das Nöthige hinausgehende Belaubung gänzlich außer Einfluß auf Zuwachssteigerung sei, vielmehr gebe ich zu, daß auf einem in seinen unorganischen Bestandtheilen fruchtbaren Boden, dessen Produktionskraft unter der Freistellung nicht wesentlich leidet, der Zuwachs des einzelnen Baumes im vollen Standraume ein um etwas größerer sein könne. Meine Behauptung beschränkt sich darauf, daß das hierauf beruhende Zuwachs-Mehr diejenigen Ausfälle an Zuwachs nicht ersetze, die aus der, unter diesen Umständen nothwendig geringeren Producentenzahl hervorgehen. Die Wahrheit dieses Satzes erhellet einfach aus dem Vergleiche des Zuwachses der Pflanzwaldbestände mit dem Wuchse der im vollen Schlusse erzogenen Bestände auf gleichem Standorte (Vergleichende Untersuchungen über den Ertrag der Rothbuche), wie aus der Thatsache: daß am Durchforstungsvorrathe bis über das hundertjährige Bestandsalter hinaus ein größerer Zuwachs stattfindet als am Abtriebsvorrathe (System und Anleitung zum Studium der Forstwirthschaftslehre, Seite 217). Es beruht dieß einfach auf dem Umstande, daß der Zuwachs im Durchforstungsvorrathe an einer viel größeren Producentenzahl erfolgt, als der Zuwachs am Abtriebsvorrathe. Hundert Cubikfuß übergipfelte Bäume wachsen alljährlich eben so viel, mitunter sogar mehr zu als eben so viele Cubikfuß dominirende Bäume, aus dem einfachen Grunde,

weil jene etwa in 4—5, letztere in einem Baume stecken. Man kann sich leicht durch einfachen Vergleich überzeugen, daß die Jahrringbreite der übergipfelten noch nicht völlig unterdrückten Bäume keineswegs so weit hinter der der dominirenden Bäume zurückbleibt, als die Ausgleichung der Zuwachsverhältnisse zu Gunsten des dominirenden Holzes erheischen würde.

Im höheren, meist jenseit der Grenze üblicher Hochwaldumtriebszeit liegenden Alter der Bäume, tritt ein Zeitpunkt ein, in welchem der Kronenzuwachs an Trieben und Holzschichten zwar nicht aufhört, wohl aber so zurückgeht, daß Jahrzehnte hindurch eine Veränderung der Größe und Form des Kronenraums nicht augenfällig wird. Demungeachtet kann die Krone doch gesund und voll belaubt sein. Es muß dieß zur Folge haben, daß ein großer Theil der unvermindert hergestellten Bildungssäfte, die früher auf den größeren Kronenzuwachs verwendet wurden, von da ab dem Schafte zugehen und dessen Zuwachs verstärken. Es ist meiner Ansicht nach daher nicht die Zeit der Kronenausbreitung und der dadurch gesteigerten Belaubung, in welcher die Stammstärke der alten Bäume sich über dasjenige Maß erhöht, das wir im geschlossenen Stande innerhalb üblicher Umtriebszeit erzielen, sondern es ist im Gegentheil die Minderung des Kronenwuchses im höheren Alter, welche den größeren Dickezuwachs des Schafts zur Folge hat.

Vielleicht finden ähnliche Verhältnisse wie in der Bekronung und Belaubung auch in der Bewurzelung statt. Wir wissen darüber aber noch gar nichts, wie überhaupt das ganze Verhalten der Bewurzelung zum Boden ein noch sehr wenig gekanntes ist. Die hier und da enthaltenen Angaben tragen zu sehr das Gepräge von Fictionen, als daß ihnen irgend ein Werth beizulegen wäre. Es mag daher hier das genügen, was ich Seite 157 und 246 über Bau und Wachsthum der Wurzel bereits angeführt habe.

Außerdem kennen wir nun noch eine vorübergehende Wachsthumssteigerung, die dann eintritt, wenn Bäume, die längere Zeit im Bestandsschlusse erwuchsen, durch Aushieb freier gestellt werden. Die Zuwachserhöhung erfolgt zu rasch, als daß vermehrte Laub= oder Wurzelmenge die Ursache derselben sein könnte. Sie findet statt auch bei Aushieb von Oberholz aus dicht bestocktem Unterholze ohne Veränderung der Bodenbeschaffenheit. Ueber die Ursache dieser schon nach wenigen Jahren auf die frühere Größe zurückschreitenden Zuwachssteigerung habe ich in der Bodenkunde Seite 87 meine Ansicht ausgesprochen.

Ueber die Periodicität des Wachsens unserer Holzpflanzen habe ich in der Forst= und Jagdzeitung 1857 Seite 281 eine Reihefolge von Versuchen mitgetheilt, aus denen im Wesentlichen hervorgeht, daß der Zuwachs gleichzeitig mit dem Laubausbruche, bei uns Anfangs Mai, in den Zweigspitzen beginnt und hier gegen Ende August vollendet ist, also nahe vier Monate dauert. Selten eilt die Holzbildung in der Triebspitze dem Laubausbruche etwas voran.

Von den Zweigspitzen senkt sich der Zuwachs langsam nach unten, so daß bei Lärche und Ahorn die Bildung des neuen Jahresringes an der Basis des Stammes um vier Wochen später als in den Triebspitzen eintrat. Bei Eiche und Kiefer hingegen war schon Anfangs Mai die Jahrringbildung an den untersten Stammtheilen eben so weit, mitunter weiter vorgeschritten,

als an den obersten Zweigspitzen. Bei Lärche und Ahorn wird dann auch der Jahrring an der Basis des Stammes um 2 Wochen später fertig (Ahorn Mitte August, Lärche Anfang September). Bei Kiefer und Eiche hingegen erfolgte die Vollendung des Jahresringes in Zweigen und Stammbasis gleichzeitig (Eiche Anfang August, Kiefer Anfang September).

Noch später beginnt die Holzbildung in den Wurzeln. Im Wurzelstocke der Lärche und Kiefer Anfangs Juni (Ende: Anfangs September); in dem des Ahorn gegen Ende Juni (Ende: Anfangs September); in dem der Eiche sogar erst gegen Ende Juli (Ende: gleichfalls Anfangs September). In den Faserwurzeln liegt die Holzbildung bei Eiche und Ahorn zwischen Anfangs August und Mitte September, bei Lärche und Kiefer zwischen Anfangs September und Anfangs Oktober, dauert also nur vier Wochen. Es ist daher die schon im Februar oder März eintretende Bildung von Krautsprossen und neuen Triebwurzeln eine mit dem Holzzuwachse der älteren Faserwurzeln ganz außer Verbindung stehende Zuwachserscheinung.

Es bleibt zu prüfen, ob und wie weit diese an Stangenhölzern ausgeführten Untersuchungen mit den Zeiträumen des Zuwachses starker Bäume übereinstimmen.

Der Zeitraum vom Entstehen jeder einzelnen Holzfaser bis zu deren vollständiger Ausbildung in räumlicher Hinsicht umfaßt in den oberirdischen Baumtheilen 4—6, in den unterirdischen Baumtheilen 2—4 Wochen.

Neueren Beobachtungen an Phaseolus zufolge soll das tägliche Wachsthum dieser Pflanze vorzugsweise in den Stunden vor Sonnenuntergang bis Mitternacht liegen, von da ab bis Sonnenaufgang sich allmählig verringern, von Sonnenaufgang bis Mittag fast gänzlich aussetzen und in den Nachmittagsstunden sich wieder steigern (Fischer).

G. Reproduktion.

Das, in einem verhältnißmäßig zur Lebensdauer kurzen Zeitraume ausgewachsene Thier nimmt täglich Nahrung zu sich, verdaut dieselbe, bildet daraus neue Körpertheile, ohne dadurch *schwerer* zu werden (abgesehen von den vorübergehenden Folgen der Mastung). Ein, der täglichen Nahrungsaufnahme, oder vielmehr den aus dieser entstehenden Neubildungen entsprechendes Gewicht früher gebildeter Körpertheile wird in gas- und dunstförmiger Gestalt wieder ausgeschieden und durch Neubildungen ersetzt.

Eine Reproduktion *in diesem Sinne* findet bei der Pflanze nicht statt. Die fertig gebildete Pflanzenzelle bleibt bis zum Tode der Pflanze oder des Pflanzentheils unverändert dieselbe. Die, auch vom Pflanzenkörper ausgeschiedenen Gase und Dünste sind nicht wie beim Thiere Excrete bereits fertig gebildeter Körpertheile, sondern es sind, den Excrementen des Thiers vergleichbare Ausscheidungen aus dem Ernährungs- und Assimilationsprocesse. Daher kennt die Pflanze diesen Stillstand des ausgewachsenen Zustandes nicht. Sie wird alljährlich bis an ihr Lebensende schwerer, um das Gewicht aller jährlichen Neubildungen an Zellen, abgesehen von den vorübergehenden Gewichtsschwankungen durch Verwendung und Wiederansammlung der Reservestoffe, abgesehen von den Gewichtsverlusten durch Ast-, Blatt- und Fruchtabfall,

durch Krankheiten und Absterben einzelner Pflanzentheile (Kernfäule, Trockniß, Brand 2c.).

Auch die jährliche Erneuerung der Triebe, Blätter, Knospen gehört nicht zu den Reproduktions-, sondern zu den normalen Wachsthumserscheinungen. Selbst die, in Folge krankhafter Zustände oder gewaltsamer Verletzung eintretende Wiederbelaubung aus schlafenden Augen (Seite 150) gehört nicht hierher, denn sie erfolgt aus vorgebildeten, in normaler Weise entstandenen, in ihrer Entwicklung nach außen kürzere oder längere Zeit zurückgehaltenen Knospenbildungen. Den Begriff pflanzlicher Reproduktion beschränke ich auf Bildungen, die in Folge gewaltsamer Verletzungen im Keime neu entstehen, die Wundfläche mit einer verjüngten Rinde-, Bast- und Holzschicht bekleidend, aus der dann im ersten Jahre ihrer Entstehung auch neue Wurzel- und Triebknospen (Adventivknospen) entstehen können.

Zu den Reproduktionserscheinungen der Holzpflanze zähle ich daher:

A. Adventiv-Achsengebilde.
1) Die Ueberwallung.
2) Die Bekleidung.

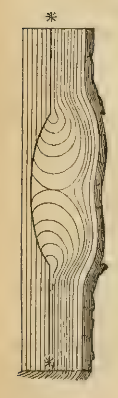
B. Adventiv-Nebenachsen.
3) Die Adentivstammknospe.
4) Die Adventivwurzelknospe.
5) Die Wurzelbrut.

A. Adventiv-Achsengebilde.

1. Die Ueberwallung.

Ueberall, wo durch eine Schalmwunde Rinde und Bast, selbst die äußeren Holzlagen hinweggenommen werden, bildet sich im nachfolgenden Jahre an den Grenzen der Wundfläche ein kleiner, äußerlich von junger Rinde bekleideter, der Grenze zwischen Holz und Bast entspringender Wall, in welchem ein holziger, nach der Schalmfläche hin bogig umgekippter Kern, von einer neuen Bast- und Rindelage bekleidet ist. Die Untersuchung von Querschnitten zeigt schon dem einfach bewaffneten Auge, daß der durch die Wunde entblößte Holzkörper an dieser Wallbildung keinen Theil hat, daß letzter den neu hinzutretenden Holz- und Bastlagen entspringt, die, in jedem folgenden Jahre durch neu hinzukommende Schichten sich vergrößernd, endlich in der Mitte der Schalmfläche zusammenstoßen, worauf sich dann die normale, ununterbrochene Holzbildung wiederherstellt.

Fig. 48.



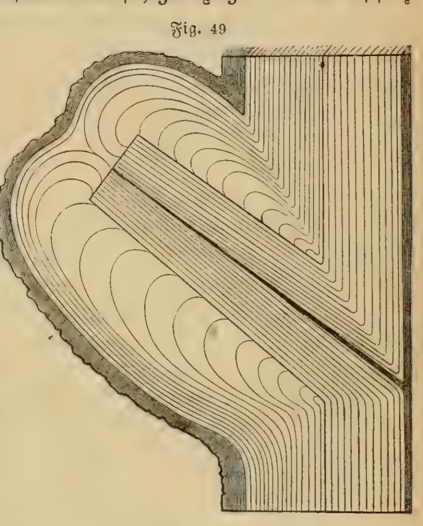
Die nebenstehende Figur zeigt in der Einsenkung zwischen * * ein vor acht Jahren hergestellte Schalmwunde und deren Ueberwallung von sechs unvollständigen Wulstringen, über denen in den letzten beiden Jahren sich zwei ununterbrochene Holzlagen ausgebildet haben. Da die äußeren Borkelagen an der Reproduktion nicht Theil nehmen, erhalten sich die Grenzen der Schalmwunde äußerlich noch lange Zeit, oft für immer erkennbar.

Da der, durch die Schalmwunde bloßgelegte Holzkörper in

keiner Weise an der Reproduktion Theil nimmt, da eine Verwachsung zwischen ihm und den Ueberwallungslagen nicht eintritt, so erklärt sich hieraus leicht, daß Schriftzeichen, Zahlen, Zeichnungen, die in ihn eingeschnitten wurden, sich für immer unter den später hinzutretenden Holzschichten erkennbar erhalten.

In ganz ähnlicher Weise erfolgt die Ueberwallung von Aststutzen. Jeder Aststutz bleibt nur dann zuwachsfähig, wenn an ihm neue belaubte Triebe sich bilden (Seite 281). Ist das nicht der Fall, dann vermag er selbst auch keine Ueberwallungsschichten zu bilden. Findet an ihm eine Ueberwallung statt, dann geht diese stets von demjenigen Baumtheile aus, dem der Aststutz entsprungen ist. Die auch hier alljährlich hinzutretenden Ueberwallungsschichten sind eine Fortsetzung des Holzzuwachses jenes Baumtheils. Wie im vorhergehenden Falle dadurch eine Lücke ausgefüllt wird, so wird hier ein an sich nicht reproduktionsfähiger Hügel — der Aststutz — abmählich überwachsen. Die nebenstehende Figur 49, den Längenschnitt eines völlig überwallten Aststutzes darstellend, in welchem die mit * bezeichnete Linie die Grenze des Holzkörpers zur Zeit der Einstutzung des Astes umschreibt, wird dieß ohne weiteres erläutern. Ich besitze in meiner Sammlung einen Eichenaststutz von $^1/_3$ Mtr. Länge, der wie nebenstehend bis zur Spitze durch 60 aufsteigende Holzlagen vollständig überwallt ist. Der längst abgestorbene Aststutz selbst ist in diesem Falle als ein durchaus indifferenter Körper zu betrachten. Erfolgt die Ueberwallung rasch, so kann dessen Holzkörper sich vollkommen gesund erhalten; erfolgt sie langsam, und ist sie erst dann vollendet, wenn bereits Fäulniß des todten Aststutzes eingetreten ist, dann kann letztere vom Aststutz aus auch dem Stamme sich mittheilen und Kernfäule zur Folge haben. Holzarten mit geringer Dauer ihres Holzes fordern daher einen rascheren Verschluß ihrer Wundflächen durch Schalme und Aststutze, wenn die der technischen Verwendung so nachtheiligen Folgen vermieden werden sollen. Der Verschluß der Wundflächen erfolgt aber rascher, je kleiner die Wundfläche, je kürzer der Aststutz ist, er erfolgt auf gutem Standorte, bei starkem Zuwachs im jugendlichen und mittleren Alter der Bäume früher als auf schlechtem Boden und in höherem Baumalter. Hieraus entspringen ohne weitere Nachweisung die Regeln für das Ausästen des Oberholzes im Mittelwalde und für den Kopfholz- und Schneidelholzbetrieb.

Fig. 49



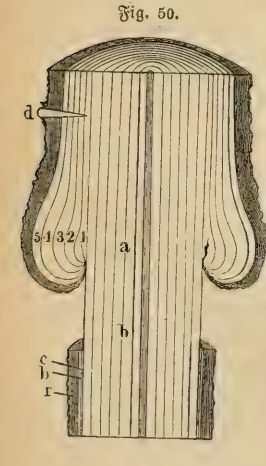
In ganz ähnlicher Weise erfolgt das Ueberwallen der Nadelholzstöcke, so daß die vorstehende Figur 49 auch für diese als erläuternd benutzt werden kann. Der wesentliche Unterschied beruht nur darin, daß die Ueberwallung

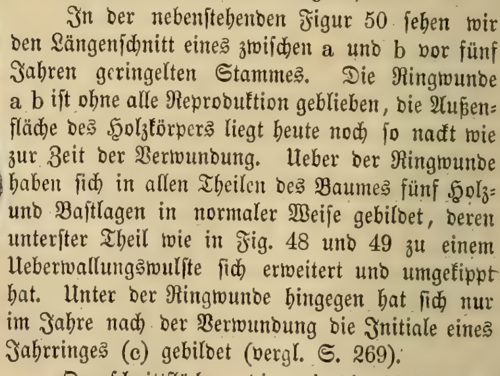
am laublosen Haupttriebe erfolgt. (Meine Ansichten hierüber Seite 271 und Forst- und Jagdzeitung 1844 Seite 96, 1846 Seite 5.)

Stellt man eine Wundfläche in der Weise her, daß die abgelöste Rinde und Bastfläche mit nicht abgelösten Flächen in Verbindung bleibt, dann bedeckt sich mitunter nur die innere Bastseite, mitunter nur die Holzfläche, in seltenen Fällen bedecken beide Flächen sich mit Neubildungen. In den ersten beiden Fällen geht die Neubildung von den permanenten Mutterzellen des Bastes und des Holzes aus, die, je nachdem sie beim Ablösen des Baststreifens auf der Bastseite oder auf der Holzseite verblieben, auf der entsprechenden Seite die Neubildungen an Holz, Bast und Rinde bilden, wie ich dieß in meiner Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen Taf. 70 Fig. 5. nachgewiesen habe. Daraus erklärt sich auch die oft citirte Beobachtung, daß wenn Metallplatten zwischen Bast und Holzkörper eingeschoben werden, diese später in manchen Fällen im Holze, in anderen Fällen im Baste wieder vorgefunden werden. Wird eine Metallplatte zwischen f und $\frac{h}{b}$ Fig. 22 Seite 177 eingebracht, dann wachsen die spätern Holz- und Bastlagen zwischen ihr und der Rinde zu; sie wachsen zwischen ihr und dem Holzkörper zu, wenn die Metallplatte zwischen $\frac{h}{b}$ und m derselben Figur eingebracht wurde. Wenn hingegen beide Wundflächen mit Neubildungen sich bedecken, dann stammen nur die der Bastseite aus den permanenten Mutterzellen der Cambialschichten, während die der Holzseite in einer Weise entstehen, die wir unter dem Namen der Bekleidung kennen lernen werden.

An ringförmigen Schnittwunden bilden sich anfänglich Ueberwallungswülste, sowohl am oberen als am unteren Schnittrande der Ringwunde, der Wall am unteren Schnittrande bleibt aber schon nach einigen Wochen in der Entwickelung zurück und bildet nie einen zweiten, dritten Holzring, wenn nicht in ihm Adventivknospen entstehen, deren Triebbildung und Belaubung ihn im Zuwachse erhält. Der Wall am oberen Schnittrande hingegen wächst auch ohne Knospenbildung durch alljährlich hinzutretende Holz- und Bastschichten so lange, als der über der Ringwunde liegende Baumtheil sich lebendig erhält.

Fig. 50.




In der nebenstehenden Figur 50 sehen wir den Längenschnitt eines zwischen a und b vor fünf Jahren geringelten Stammes. Die Ringwunde a b ist ohne alle Reproduktion geblieben, die Außenfläche des Holzkörpers liegt heute noch so nackt wie zur Zeit der Verwundung. Ueber der Ringwunde haben sich in allen Theilen des Baumes fünf Holz- und Bastlagen in normaler Weise gebildet, deren unterster Theil wie in Fig. 48 und 49 zu einem Ueberwallungswulste sich erweitert und umgekippt hat. Unter der Ringwunde hingegen hat sich nur im Jahre nach der Verwundung die Initiale eines Jahrringes (c) gebildet (vergl. S. 269).

Querschnittflächen, die, wie die Hiebsflächen

der Niederwald- und Kopfholzstöcke mit einer überstehenden Belaubung nicht in Verbindung stehen, bilden im ersten Jahre nach dem Hiebe zwischen Holz- und Bastkörper ebenfalls einen Ueberwallungswulst, der, wie in vorstehender Figur 50 c, die Initiale des Holzringes (Seite 296) nach außen abschließt. Abgesehen von der abnormen Fortbildung dieser Initiale an Stöcken der Weißtanne, Lärche, seltner der Fichte, bleibt diese für immer auf der Figur 50 c dargestellten, niederen Entwickelungsstufe, wenn nicht durch Adventivknospenbildung im Ueberwallungswulste, oder durch Kryptoblastenentwickelung (Seite 150) dicht unter diesem, er selbst und der Stock in fortdauerndem Zuwachse erhalten wird. Ich komme hierauf bei der Adventivknospenbildung zurück.

Streng genommen gehört die Ueberwallung nicht zu den Reproduktionserscheinungen, da sie auf einem fortgesetzten Zuwachse vorgebildeter Holz-, Bast- und Rindelagen beruht, ich habe sie aber hierhergestellt, einestheils da sie doch immer nur als Folge eingetretener Verletzungen auftritt, anderentheils weil reproduktive Erscheinungen häufig mit ihr verknüpft sind. Mit demselben Rechte könnte man allerdings auch Kryptoblaste und Sphäroblaste (Seite 150, 153) hierherziehen.

2. Die Bekleidung.

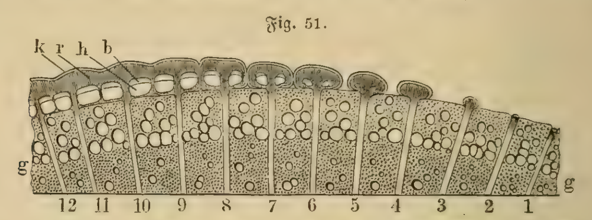
Wenn man im Frühjahre, während der Zeit, in welcher die neuen Holz- und Bastlagen sich bilden, armsdicken Stangenhölzern einen 2—3 Zoll breiten Bastring entnimmt, dann trocknen die äußersten, bloßgelegten Holzlagen in der Regel sehr bald aus, sie sterben in Folge dessen bald ab, und es erfolgt auf der Wundfläche keine Reproduktion, sondern nur eine Verwallung der Schnittränder, wie dieß die vorige Figur 50 darstellt. Schließt man hingegen die ganze ringförmige Wundfläche, sofort nach Herstellung derselben, in die beiden Hälften eines der Länge nach in zwei Stücke gesprengten Lampencylinders ein, verkittet man diese unter sich und mit der Baumrinde luftdicht vermittelst Baumwachs, so daß ein Abtrocknen der Wundfläche nicht eintreten kann, da die Luftschicht zwischen ihr und dem Glase sich rasch mit Wasserdunst aus dem aufsteigenden Holzsaft sättigt, dann bildet sich schon nach einigen Tagen gleichmäßig über der ganzen Wundfläche ein grünlicher Rindeschorf, unter dem weiterhin Holz- und Bastbündel im Keime neu entstehen, deren Vergrößerung und Vereinigung einen neuen Holz- und Bastkörper bildet, ohne daß eine Verwallung der früheren Schnittränder hieran Theil nimmt. Durch diese Neubildungen stellt sich im neuen Baste der ungestörte Verlauf der absteigenden Bildungssäfte wieder her, so daß, auch in den unter der Ringwunde liegenden Baumtheilen, der Holz- und Bastzuwachs fortdauert, während ohne diese Bekleidung jeder Zuwachs unter der Ringwunde sehr bald für immer erlöscht.

An, von Wild oder Beerensammlern geschälten Buchen, Eichen, Erlen zeigt sich die Bekleidung der Wundflächen mitunter auch im Freien, ohne irgend eine künstliche Beihülfe. Da der eben beschriebene Glasverband nur dadurch wirkt, daß er um die Wundfläche eine mit Feuchtigkeit gesättigte Luftschicht erzeugt und erhält, so wird auch ohne Glasverband diese Reproduktion eintreten, wenn zur Zeit der Verwundung die Waldluft mit

Feuchtigkeit gesättigt war und bis zur Herausbildung des ersten Rindeschorfs in diesem Zustande verharrte.

Die Seltenheit und die meist örtliche Beschränkung der im Freien sich bildenden Bekleidungen hatte unter den Physiologen die Ansicht hervorgerufen, es sei dieselbe Folge eines zufälligen Verbleibens von Cambium auf der entblößten Holzfläche, bis ich in meiner Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen (Tafel 70 Fig. 1—3) eine Reihefolge von Beobachtungen veröffentlichte, denen zu Folge das Zellgewebe der Markstrahlen des Holzkörpers es ist, welches, nach außen hervorwachsend und zu einer neuen Kork- und Rindeschicht verschmelzend, die Grundlage der Neubildungen abgibt, der Art, daß nach eingetretener Verschmelzung der einzelnen Zellgewebsmassen zu einer zusammenhängenden, von Korkzellen bedeckten Schicht grüner Rinde, in letzterer, seitlich eines jeden Markstrahls, neue Faserbündel aus Zellenmetamorphose wie im Embryo entstehen (S. 209).

Fig. 51.



Die vorstehende Fig. 51 gibt eine Darstellung des Entwickelungsverlaufes der Bekleidung. Sie stellt einen Theil der Querschnittfläche eines entrindeten Eichenstämmchens dar. 1—12 sind Markstrahlen, g g ist die Grenze des vorjährigen Holzringes, bezeichnet durch die dichtere Stellung der größeren Holzröhren des neuen Holzringes, dessen normale Fortbildung durch das Ringeln unterbrochen wurde. Das was im Bereiche der Markstrahlen über der Grenzlinie g g liegt, ist also der Anfang eines neuen Holzringes, so weit dieser im Frühjahre vor eingetretener Ringelung sich normal entwickelt hatte. An den mit 1—12 bezeichneten Markstrahlen habe ich fortlaufend diejenigen Veränderungen angedeutet, welche sich auf die unter Glasverband erfolgenden, die Bekleidung erzeugenden Veränderungen beziehen. Sie bestehen im Wesentlichen in Folgendem.

Ueber 1 haben die äußersten Markstrahlzellen eine grüne Färbung erhalten, angedeutet durch Schraffirung. Die Markstrahlzellen haben sich in parenchymatische Zellen verwandelt, dessen äußerste Schichten schon jetzt zu Korkzellen sich umbilden. In 2—4 ist das neugebildete Parenchym über die Außenfläche des entrindeten Holzkörpers hervorgewachsen, ein Wahres, von Korkgewebe bekleidetes Rindeparenchym. Ueber 5 sehen wir, jederseits der Fortsetzung des Markstrahls, den Anfang eines neuen Faserbündels, in 6—12 die Vergrößerung und die Differenzirung derselben in einen Holzkörper h und in einen Bastkörper b. Wir sehen, wie gleichzeitig das Rindezellgewebe r sich vergrößert, bis die einzelnen Neubildungen sich gegenseitig erreichen und drängen, worauf das Korkgewebe zwischen den Anschlußflächen resorbirt wird, die unter sich verschmelzenden Rindemassen hinfort nur äußerlich bekleidend (k). Zwischen den neuen Faserbündeln verwandelt sich als-

dann das Rindegewebe wieder in Markstrahlengewebe. Von da ab bilden sich alljährlich neue Holz- und Bastschichten in gewöhnlicher Weise auf der Grenze zwischen Holz und Bast der neuen Faserbündel (b h). Bei Ellern, Ebereschen, Lärchen sind aber die Fälle nicht selten, in denen die neuen Faserbündel sich noch 6—8 Jahre lang sphäroblastenähnlich fortbilden, während bei Buchen, Hainbuchen, Birken, Eichen die Jahrringbildung in der Regel schon im zweiten Jahre durchaus normal verläuft.

In seltenern Fällen gelingt es auch an Nadelhölzern, besonders an der Lärche, unter Glasverband auf Wundflächen Bekleidung hervorzurufen; es erwächst diese dann aber nicht wie bei der Eiche aus Umbildung des Zellgewebes der Markstrahlen, sondern aus der äußersten Schichtung junger Holzfasern, in denen der Ptychodeschlauch mit seinem Inhalte sich noch erhalten hat. Es ist dann dieser Schlauch, der sich zu einer senkrechten Reihe von kurzen Schläuchen abschnürt, von denen jeder einzelne, nach erfolgter Einstülpung und Abschnürung eines verjüngten Schlauches in den Innenraum zur Zellwandung in geschilderter Weise sich umbildet. Unter Resorption der ursprünglichen Faserwände bilden alle diese Theilzellen ein zusammenhängendes grünes Rindezellgewebe, in welchem die Umbildungen zu Korkgewebe, zu Faserbündeln mit Holz und Bast eben so vor sich geht, wie bei der Bekleidung von Wundflächen der Laubhölzer.

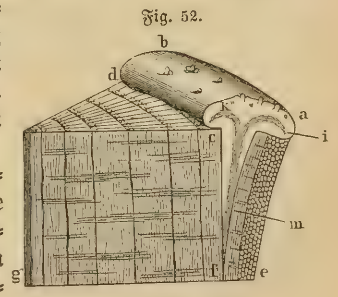
Ich habe wohl nicht nöthig, darauf hinzuweisen, daß auch in der Bekleidung das Vermögen einer Selbsthülfe sich ausspricht, das der universalmaterialistischen Anschauungsweise (Seite 124) des lebendigen Organismus aufs entschiedenste widerspricht.

B. Adventiv-Nebenachsen.

3. Adventiv-Knospen.

Wenn man 6—8 Ctm. hohe, 4—6 Ctm. dicke Abschnitte kräftig gewachsener Stämme oder Aeste der Schwarzpappel auf einen Teller mit nassem Sand stellt, und diesen in warmer Luft mit einer Glasglocke bedeckt, dann bildet sich, im Winter wie im Sommer, zwischen Bast und Holz des oberen und des unteren Schnittrandes eine Zellgewebsmasse, mit deren zunehmender Vergrößerung der Bast- und Rindekörper vom Holze abgedrängt wird. Aus diesem, dadurch zwischen Holz und Bast entstandenen, mit parenchymatischem Zellgewebe erfüllten, keilförmigen Spalte erhebt sich dann das Zellgewebe wallförmig über die Schnittfläche und bildet den Ueberwallungsring a b c d der nebenstehenden Abbildung, in der e m den alten Rinde- und Bastkörper, g c einen keilförmigen Ausschnitt des alten Holzkörpers darstellt.

Fig. 52.



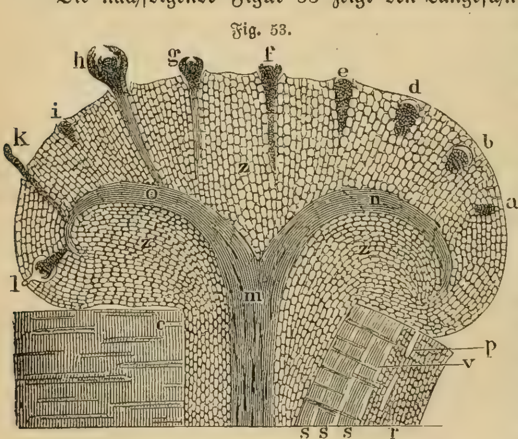
In der neu gebildeten Zellgewebsmasse treten nun zwei wesentlich verschiedene Umbildungsvorgänge ein. Wie im jugendlichen Zellgewebe des Embryo, so entstehen auch hier neue Faserbündel durch Zellen-

metamorphose (Seite 174), die sich zu einem neuen Holz- und Bastkörper constituiren, der im Keilraume sich dem alten Bastkörper anlegt, im Ueberwallungszellgewebe hingegen in radialer Richtung sich verzweigt und jederseits kuppelförmig verläuft: m zeigt den Anschluß dieser neuen Faserbildung an die alten Bastschichten, i k zeigt die Verzweigung desselben im Zellgewebe der Ueberwallung, deren überliegende Zellschichten dadurch die Bedeutung des Rindezellgewebes erhalten.

Durchaus unabhängig von dieser Entwickelung eines neuen Holz- und Bastkörpers im Innern des vorgebildeten, parenchymatischen Zellgewebes der Ueberwallung, sieht man nun in dem Rindetheile desselben, unfern der Oberfläche des Ueberwallungsringes, hier und da kleine rundliche Nester eines ungemein kleinzelligen Zellgewebes entstehen, wie es mir scheint durch örtlich beschleunigtes Tempo der Selbsttheilung großer Rindezellen. Darauf entsteht über diesen Zellennestern ein kappenförmiger mit Oberhaut bekleideter Spalt, dessen Entstehen ich erkläre aus einer gegenseitigen Verwachsung der überliegenden Rindezellenschicht, unter gleichzeitiger Resorbtion der Zwischenwände, woraus eine Doppelkappe, in Form einer zur Hälfte in sich selbst eingestülpten Blase entsteht, deren innere Haut das Zellennest hinfort als Oberhaut bekleidet, während die obere Haut zerreißt und den heranwachsenden Knospenembryo durch sich hindurch läßt. Allerdings ruht die Erklärung der Oberhautbildung nur theilweise auf direkter Beobachtung, mehr auf dem Umstande, daß ich mir die Entstehung derselben auf dem heranwachsenden Knospenkeim in keiner anderen Weise zu deuten vermag.

Die nachfolgende Figur 53 zeigt den Längeschnitt a c der vorhergehenden Figur in größerem Maßstabe, und in a—h die Entwickelung der Adventivknospe in historischer Folge. Bei a deuten die Punkte das, im großzelligen Parenchym entstandene Kleingewebe an, über dem sich bei b nach außen hin ein kappenförmiger Spalt gebildet hat, dessen innere Grenzlinie das Kleingewebe als Oberhaut bekleidet. Bei d hat das Kleingewebe sich erweitert und den kappenförmigen Spalt nach außen gedrängt, dessen äußere Grenzhaut bei e zerrissen ist, während das Kleingewebe in Gestalt eines hüglichen Wärzchens mit der dasselbe bedeckenden Oberhaut zu Tage tritt. Dieß kleine Wärzchen hat fortan durchaus die Bedeutung des terminalen Wärzchens (gemmula ascendens) jeder anderen normalen Knospe. Wie dort treten auch hier erst unvollkommene, dann vollkommene Blattausscheidungen unter fortdauerndem Längezuwachse seitlich von ihm hervor,

Fig. 53.



wie f—h zeigt, eine Knospe bildend, die sich in der Regel zum Triebe sofort weiter ausbildet. Diese Knospe allein verdient den Namen Adventivknospe, weil sie erst nach erfolgter Verletzung und Wallbildung im Keime neu entsteht, was bei den schlafenden Augen (Seite 150) nicht der Fall ist.

Die Abbildung zeigt uns ferner, daß, während das Kleingewebe nach außen zur Knospe emporwächst, gleichzeitig eine Verlängerung desselben nach unten stattfindet (e—h. Wie im Zellgewebe des Embryo, so entsteht auch hier im Kleingewebe ein Kreis von Faserbündeln (Seite 174), der sich zu einem, im Durchschnitte ringförmigen Holz- und Bastkörper constituirt und in seiner Verlängerung nach unten endlich dem Holzkörper des Lohdenkeils sich anschließt (h) und mit diesem verwächst.

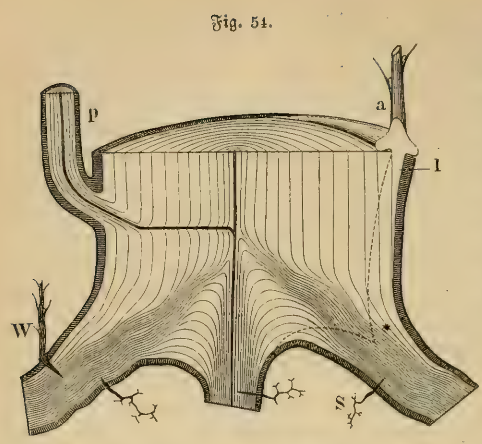
Wenn an der unteren, auf dem feuchten Sande stehenden Schnittfläche des Walzenstücks ebenfalls ein Ueberwallungsring sich bildet — was dadurch befördert wird, daß man, bis zur Bildung des Kleingewebes, den Abschnitt von Tag zu Tag umkehrt — dann ist der Entwickelungsverlauf der Adventivknospen von a—e hier derselbe, wie in der nach oben gekehrten Ueberwallung. Das hervordringende und in den feuchten Sand hineinwachsende Knospenwärzchen (i—e) bildet dann aber keine Blattausscheidungen und innerhalb seines Bündelkreises keinen Markcylinder; es entwickelt sich zur Wurzelfaser k.

Selten bildet sich die Adventivknospe schon im Innern des Ueberwallungszellgewebes so weit aus, daß an ihr die ersten Blattausscheidungen erkennbar sind (l).

Die Wiederausschlagsfähigkeit der Bäume durch Erzeugung von Adventivknospen ist eine beschränkte. Am häufigsten habe ich Adventivknospenlohden noch bei Eiche und Rothbuche gefunden, doch erfolgt auch bei diesen Holzarten der Stockausschlag weit häufiger aus Kryptoblasten (Seite 150). Künstlich läßt sich eine reiche Entwickelung von Adventivknospen bei der Rindereproduktion unter Glasverband hervorrufen (Seite 297); sie erfolgt ohne weiteres dort nur am unteren Schnittrande der Ringwunde; umschnürt man aber die Mitte der Ringwunde mit einem scharf angezogenen Drahte, dann erhält man bei der Rothbuche unter Glasverband nicht allein die gewöhnliche Bekleidung, sondern aus dieser auch große Mengen von Adventivknospen. Ueberhaupt können Adventivknospen nur während der Bildung des Ueberwallungswulstes entstehen; das fertige Zellgewebe derselben verliert sehr bald die Fähigkeit der Knospenbildung, die nie bis zur nächsten Vegetationsperiode sich erhält. Darauf mag hauptsächlich das beschränkte Vorkommen dieser Bildungen beruhen.

Bereits vorstehend habe ich gesagt, daß der im keilförmigen Ueberwallungsspalte sich bildende neue Holz- und Bastkörper in den tieferen Theilen des Spalts dem alten B a s t k ö r p e r sich anschließe (Fig. 52 m). Mit der Grenzlinie des alten Holzkörpers (Fig. 52 c) bleibt der holzige Lohdenkeil außer organischer Verbindung. Dieß hat dann die Folge, daß üppig entwickelte Adventivknospenlohden im Sturme oder wenn sie von Eis- oder Schneeanhang stark belastet sind, mit der Rinde des Stockes leicht vom Holzkörper desselben abgebrochen werden. Die umstehende Figur mag dieß erläutern. Sie stellt die Spaltfläche eines Stockes dar, in welcher der mit *

Fig. 51.



bezeichnete Theil sich lebendig und säfteleitend erhält, während der jenseit der punktirten Linie liegende Stocktheil sehr bald außer Funktion tritt und abstirbt. Die Adventivlohde a ist durch ihren Lohdenkeil l nur mit dem horizontal gestrichelten Bast- und Rindekörper verwachsen.

In mehrfacher Hinsicht weit günstiger stellt sich die Kryptoblastlohde (p) zum Holze des Mutterstocks. Fig. 13 Seite 150 zeigt die Entwickelungsfolge des Kryptoblast vor seiner äußeren Triebbildung; die vorstehende Figur kann die fortgesetzte Holzbildung desselben nach eingetretener äußerer Triebbildung so weit erläutern, als daraus hervorgeht, daß die Kryptoblastlohde auch mit dem Holzkörper des Stockes bis zu dessen Markröhre in organischem Zusammenhange steht, und dadurch nicht allein größeren Halt an ihm besitzt, sondern auch weit günstiger auf ihn zurückwirkt in Bezug auf Gesundheit und Dauer des Mutterstockes.

Jeder Wiederausschlag entspringt entweder einer ursprünglich am einjährigen noch krautigen Triebe gebildeten Blattachselknospe und deren, bis zum Wiederausschlage zurückgehaltener, äußerer Triebbildung, oder er entspringt einer Adventivknospe. Andere Entstehungsarten gibt es nicht.

Die Kryptoblastlohde kann daher überall aus unverletzter Rinde hervorwachsen, wo in dieser eine Blattachselknospe sich lebendig erhalten hat (Räuber, Wasserreiser). Knospen dieser Art können im höheren Alter des Stammtheils durch Verästelung *sich mehren*; dagegen können sie an älter als einjährigen Trieben nirgends neu entstehen. Die Adventivlohde hingegen kann zu jeder Zeit an jedem Baumtheile entstehen, aber nur dann, wenn durch gewaltsame Verletzung desselben ein Ueberwallungszellgewebe erzeugt wird, mit dem sie gleichzeitig und nur in dessen jugendlichem Zustande sich ausbildet (Seite 300). Adventivknospen können jedoch, wie Blattachselknospen, mehrere Jahre in ihrer Entwickelung zu Trieben zurückgehalten bleiben (Adventivkryptoblaste). Wenn in seltenen Fällen aus älteren Ueberwallungen Triebe sich entwickeln, dann sind es Adventivkryptoblaste, aus denen sie entspringen.

4. Adventiv-Wurzeln.

Es ist eine sehr bekannte Sache, daß oberirdische Baumtheile der Weiden, Pappeln, Weißellern, Platanen und vieler Strauchhölzer Wurzeln treiben, wenn sie als Steckreiser oder Setzstangen mit feuchtem Erdreich in Verbindung gebracht werden. Selbst die meisten Nadelhölzer, fast alle Cypressen, Araukarien und Podocarpeen lassen sich durch Steckreiser vermehren.

Wo dieß, wie bei der großen Mehrzahl der Laubholz- und Nadelholzbäume nicht oder nicht leicht gelingt, da zeigt doch die Wurzelbildung an Absenkern, daß die Fähigkeit der Wurzelbildung an oberirdischen Baumtheilen eine allen Holzpflanzen zuständige ist.

Bereits Seite 247 habe ich gezeigt und durch Fig. 43 erläutert, daß und warum auch an älteren Wurzeln zu jeder Zeit Faserwurzeln sich bilden können. Fig. 54 zeigt bei s solche Adventivwurzeln, die erst im höheren Alter des Wurzelstückes, dem sie entspringen, entstanden sind. Ganz derselbe Bildungsvorgang durch Markstrahlmetamorphose findet auch da statt, wo an oberirdischen Baumtheilen Wurzeln entstehen. Eine auffallende Erscheinung ist es, daß die auf diesem Wege entstehenden Wurzelkeime, ich glaube immer, ihren Ausgang durch einen Lenticellenspalt nehmen. Man darf daraus schließen, daß die Lenticelle in irgend einer Weise disponirend auf das ihr unterliegende Markstrahlgewebe einwirke, obgleich ich gezeigt habe, daß die Lenticelle keineswegs eine Durchbrechung, sondern nur eine beutelförmige Versenkung der äußeren Korkzellschicht ist, die wohl dadurch wirken könnte, daß sich in dem äußeren Lenticellenraume die Bodenfeuchtigkeit in größerer Menge ansammeln und erhalten kann. Vielleicht ist hierbei auch die Verschmälerung des Zellgewebes der grünen Rinde mitwirkend.

5. Wurzelbrut.

Daß auch im Ueberwallungszellgewebe des unteren Schnittrandes der Stecklinge Adventivwurzeln entstehen können, darüber habe ich bereits Seite 300 den betreffenden Nachweis und Erläuterung gegeben.

Eine nicht geringe Zahl von Holzpflanzen bilden an ihrem Wurzelstocke Knospen, deren Markröhre in die Markröhre der Pfahlwurzel einmündet, die auch in jeder anderen anatomischen Beziehung durchaus den Blattachselknospen der oberirdischen Baumtheile entsprechen, und wie diese als Kryptoblaste oder Brachyblaste häufig mehrere Jahre ruhen oder nur Kurztriebe bilden. Bis jetzt habe ich es leider versäumt, über die Entstehungsweise dieser Wurzelstockknospen nähere Untersuchungen anzustellen. Wirkliche Blattachselknospen können es kaum sein, ihr Stand am Wurzelstocke ist hierzu ein zu tiefer; Adventivknospen sind es ohne Zweifel nicht, dagegen spricht der Zusammenhang ihres Markes mit dem der Pfahlwurzel; ebenso wenig können sie eine Umbildung von Wurzelknospen sein, da sie nicht, wie diese dem Markstrahlgewebe entspringen. Unter unseren Culturpflanzen sind es die Hasel und die Birke, welche diese Wurzelstockknospen reichlich besitzen, die an ihnen den, aus dem Boden hervortretenden Wurzelstockausschlag liefern, der stets in geringer Entfernung vom Stocke zu Tage tritt. Bei einigen Strauchhölzern, z. B. Rubus, Spiraea, Rosa, Rhus, geschieht dieß erst in größerer Entfernung vom Stocke. Man nennt dann die aus dem Boden hervorkommenden Schößlinge, Ausläufer, Stolonen, die sich von wirklicher Wurzelbrut dadurch leicht unterscheiden lassen, daß ihr in der Erde liegender Stamm äußerlich Blattansätze, bisweilen auch Knospenrudimente, innerlich eine Markröhre besitzt.

Wurzelbrut hingegen nennen wir Schößlinge, die einer wirklichen, marklosen Wurzel entspringen (Fig. 43 w), wie dieß der Fall ist bei

Populus, Robinia, Alnus incana, Prunus, Elaeagnus, Hippophaë, Cornus, seltener auch bei Ulmus. Nur diese Wurzelbrut dürfen wir den Reproduktionsprodukten zuzählen, während Wurzelausschlag und Ausläufer der normalen Bildung angehören.

Wurzelbrut entsteht, wie die Wurzeläste entstehen, aus Markstrahlmetamorphose, mit dem Unterschiede jedoch, daß nicht alle Markstrahlzellen sich in Fasern umbilden (Seite 247, Fig. 43 w), sondern daß ein centraler Theil derselben zu Markzellen sich ausbildet (daselbst kpa), den die Faserzellen (bb) umstehen. Mit diesem Gegensatze von Mark und Faserbündelkreis schon im Innern der Wurzel ist dann auch die weitere Fortbildung zur Laubknospe und zum oberirdischen Baumtheile ausgesprochen, die insofern den Reproduktionserscheinungen hinzugezählt werden muß, als sie vorherrschend Folge eingetretener Krankheit oder Verletzung der Mutterpflanze ist.

6. Strecken und Beugen.

Obgleich nicht eigentlich den Reproduktionserscheinungen angehörend, will ich hier einer sehr auffallenden, der Drehung des Blattes nach dem Lichte ähnlichen Erscheinung an älteren Stamm- und Asttheilen gedenken, durch welche die gerade Richtung gekrümmter Baumtheile sich herstellt.

Vor einigen Jahren ließ ich eine größere Zahl 3—5 Meter hoher Fichten auf Brusthöhe abschneiden, und zwar dicht über den Quirlen noch lebendiger und benadelter, durch die Beschattung der oberen Aeste in horizontale Lage niedergebeugter Seitenäste, deren viele an ihrer Basis nahe 2 Centim. dick waren. Schon nach Verlauf von sechs Wochen waren ein Theil der obersten Aeste um mehr als die Hälfte des rechten Winkels aufgerichtet, im Herbste standen diese zum Theil schon senkrecht.

Der Sitz dieser Bewegung ist die Basis des sich aufrichtenden Astes, sie hat daher das bedeutende Gewicht des laubreichen Astes selbst zu heben!

Eine ähnliche, aber in entgegengesetzter Richtung wirkende Erscheinung ist das Beugen. Der Fichtenast geht unter dem Druck der oberen Belaubung aus der halb aufgerichteten, endlich in die horizontale Lage ein. Man könnte dieß als eine Wirkung der Schwere deuten und ich glaube selbst, daß diese es ist, die den Fichtenast im höheren Baumalter unter die horizontale Richtung abwärts biegt. Für die horizontale Richtung kann man dieß nicht zugeben, denn längere und schwerere Aeste als die, welche an der frei stehenden jungen Fichte die horizontale Richtung angenommen haben, sind im Gipfel alter Bäume noch halb aufgerichtet. Auch sprechen sowohl die Artunterschiede der verschiedenen Nadelhölzer in der Zweigstellung wie die individuellen Unterschiede pyramidal und pendulirend wachsender Bäume gegen die Zurückführung auf rein mechanische Ursachen. Der Pyramidenwuchs beruht auf einem Uebergewicht des Streckens, der pendulirende Wuchs auf einem Uebergewicht des Beugens. Der tortuose Wuchs scheint auf periodischen Schwankungen zwischen Strecken und Beugen zu beruhen.

Am auffallendsten tritt das Strecken und Beugen an der Krummholzkiefer auf. Aussaat des Samens von demselben Baume lieferte mir Pflanzen von sehr verschiedenem Habitus; theils einstämmige, grade aufstrebende, theils vom Boden aus pyramidenwüchsige, ebenfalls einstämmig aufstrebende,

theils solche mit mehr oder weniger niederliegender Hauptachse. An letzteren sind nur die letzten 6—8 Jahrestriebe aufgerichtet, der Baum mag alt oder jung sein; der niederliegende Schaft verlängert sich alljährlich, das Knie zwischen ihm und dem aufgerichteten Gipfel rückt alljährlich weiter vom Stocke ab. Da nun in älteren Schafttheilen ein Längenwuchs nicht stattfindet, so ergibt sich daraus und aus der mit zunehmendem Alter unveränderten Zahl der aufgerichteten Triebe des Gipfels, daß hier im und über dem Knie ein Strecken und Beugen des Schafts, selbst bei einer Dicke von mehreren Zollen stattfindet. Die Holzfasern des Knies legen sich in die Achse des liegenden Schafttheils, sie strecken sich in Bezug auf diese, sie beugen sich in Bezug auf die das Knie bildenden Jahrestriebe des Gipfels.

Die Richtung des niederliegenden Schaftes ist auf dem horizontalen Boden unserer Parkanlagen eine durchaus zufällige, und schon dieß beweist zur Genüge, daß das Beugen und Strecken nicht unter der Herrschaft äußerer Einwirkungen steht, wenn diese auch unter Umständen etwas Aehnliches hervorrufen können.

Jungorte mit sehr knickigem Schaftwuchse verwachsen diesen oft so, daß man schon vor dem mittleren Alter nichts mehr davon bemerkt. Eine für die Holzzucht wichtige bis jetzt noch unerledigte Frage ist es, ob die Ausgleichung knickigen Schaftwuchses allein auf excentrischer Jahrringbildung beruht, oder ob auch hier ein Strecken stattfinden könne.

H. Krankheit und Tod.

Es würde hier nun der Ort sein, von den Krankheitszuständen und vom Pflanzentode zu sprechen, wenn nicht die vorgezeichneten räumlichen Grenzen dieser Schrift dem entgegen ständen. Ein Hinsterben, wie das des Thieres, mit erreichtem höchsten Lebensalter aus Altersschwäche, findet bei den Baumhölzern nicht statt. Durch Steckreiser oder Absenker würde sich dieselbe Pflanze bis in alle Ewigkeit lebendig erhalten lassen. Plötzlicher Tod derselben ist stets ein gewaltsamer. In der Regel ist Kernfäule die Ursache des Umbrechens alter Bäume durch Sturmeskraft, wenn die Fäulniß rascher nach außen vorschreitet, als ein Ersatz des Zerstörten durch Jahrringbildung stattfindet. Dieß Absterben der Bäume von innen heraus ist aber eine Krankheit, deren nothwendiger Eintritt wenigstens sehr weit entfernt liegt. Ich habe eine 4 Meter in Brusthöhe dicke Cypresse (Campoxylon subarcuatum der Grube Bleibtreu im Siebengebirge gemessen und beschrieben (Bot. Zeitung 1853, Seite 604), deren innerste Holzringe, bei einem Alter von 3100 Jahren, noch ebenso fest und, als wenig verändertes Braunkohlenholz, wohl erhalten waren, wie die äußeren Jahresringe.[1]

Ueber die Krankheiten der Pflanzen besitzen wir ein sehr umfassendes Werk von Meyen: Pflanzen-Pathologie, Berlin 1841. Es bestätigt jedoch

[1] Ein Stollen, der kurz vor meiner Besichtigung durch den aufrecht stehenden, auf 6 Fuß Höhe abgebrochenen Stock getrieben worden war, hatte die mittlere Längsschnittfläche desselben so glücklich bloßgelegt, daß überall Holzsplitter von derselben zur Zählung und Messung der Jahresringe entnommen werden konnten. Was muß das aber für eine Gewalt gewesen sein, die den gesunden, 11 Fuß dicken Stamm zu brechen vermochte!

auch diese Schrift, daß zur Zeit und so lange, als die normalen Lebensverrichtungen der Pflanze noch so wenig gekannt sind, die Kenntniß der abnormen, krankhaften Zustände nur von untergeordneter praktischer Bedeutung sein können.

Literatur.

Der Baum. Studien über Bau und Leben der höheren Gewächse von Dr. H. Schacht. Berlin 1853.

Grundzüge der Anatomie und Physiologie der Pflanzen von Dr. Unger. Wien 1846.

Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik von Dr. Schleiden. 1843.

Pflanzenphysiologie von Dr. Meyen. 1837—39.

Der Baum. Betrachtungen über Gestalt und Lebensgeschichte der Holzgewächse von A. Wigand. Braunschweig 1854. Hauptwerk für morphologische Baumkenntniß.

Deutsche Forstbotanik von Dr. Nördlinger. Stuttgart, Cotta 1874. 1. Band. Physiologie der Holzpflanzen.

Da meine eigenen zur Zeit noch zerstreuten Arbeiten über Physiologie der Holzpflanzen in sehr Vielem von den herrschenden Ansichten abweichen, will ich eine Uebersicht derselben hier folgen lassen.

a. In selbstständigen Schriften:

Ueber Verwandlung der polycotylen Pflanzenzelle. Berlin 1833. Entstehung der Weiß- und Rothfäule des Holzes durch Pilzbildung. 2 Taf. Abbild.

Forstliches Conversationslexikon. Berlin 1834. Anhang.

Die organische Chemie von Dr. J. Liebig. Braunschweig 1840. (Darin meine Versuche über Ernährung der Pflanzen. 1. Aufl. Seite 190 bis 195.)

Theorie der Pflanzenbefruchtung. Braunschweig 1842. 1 Taf. Abbild.

Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzen. Berlin 1843. 1 Taf. Abbild.

Leben der Pflanzenzelle. Berlin 1844. 2 Taf. Abbild.

Bestand und Wirkung der explosiven Baumwolle. Braunschweig 1847. (Anatomie der Bastfaser.) 1 Taf. Abbild.

Vergleichende Untersuchungen über den Ertrag der Rothbuche. Berlin 1847. Holzschnitte.

Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Culturpflanzen. Berlin 1840—51. 120 Taf. Abbild. (Darin Beiträge zur Anatomie der Holzpflanzen, Entwickelungsgeschichte des Nadelholzsamens, Ueberwallung, Rindereproduktion, Lenticellen, Präventiv- und Adventivknospen.)

Ueber das Verhältniß des Brennwerthes der Holz- und Torfarten. Braunschweig 1855. (Darin über Saftgehalt, Bluten und Saftsteigen der Holzpflanzen.)

Entwickelungsgeschichte des Pflanzenkeims. Leipzig 1858. 4 Taf. Abbild. und Holzschnitte. (Darin Entwickelungsgeschichte des Chlorophyll, Stärkmehls, Klebermehls, Zellwandung.)
System und Anleitung zum Studium der Forstwirthschaftslehre. Leipzig 1858. (Darin Wachsthumsgang der Fichte.)
Gerbstoff der Eiche, Stuttgart, Cotta, 1869.

b. In Zeitschriften:

1) Meine Jahresberichte. Berlin 1837, I. 1—4. (Darin über Vegetationsperioden der Waldbäume, Bedeutung der Holzstärke als Reservestoff, Wachsthum und vergleichende Untersuchungen über die Organisation des Stammes der einheimischen Waldbäume.)
2) Allgemeine Forst- und Jagdzeitung: Ueber Thaubildung durch die Pflanzen. 1840. S. 17. Bericht über Liebigs organische Chemie. 1840. S. 100. 1841. S. 253. Künstliche Erzeugung neuer Holz- und Rindeschichten unter Glasverband. 1845. S. 165. Pflanzenernährung. 1845. S. 221. Ueberwallen der Nadelholzstöcke. 1846. S. 21. Anatomische Charakteristik der europäischen Nadelhölzer. 1848. S. 439. Ueber Wirkung der Kälte auf das Volumen der Bäume. 1849. S. 120. Ueber Wurzelbildung an Pflänzlingen. 1849. S. 201. Ueber die Funktion der Blätter. 1856. S. 363. Ueber Vegetationscyclus und Reservestoffe. 1856. S. 361. Ueber den aus den Blättern zurücktretenden Bildungssaft. 1856. S. 367. Ueber den Gehalt der Stöcke an Reservestoffen. 1856. S. 370. Ueber die Vegetationsperioden der Waldbäume. 1857. S. 281. Ueber den Lauf der Wandersäfte in den Holzpflanzen. 1859. S. 129. Eigenthümlichkeit der Entwickelung junger Kiefern. 1859. S. 411. Initiale Holzbildung. 1859. S. 412. Das Strecken der Holzpflanzen. 1859. S. 415. Das Steigen des Saftes in den Holzpflanzen. 1860. S. 257. Der Schröpfsaft des Siebfasergewebes. 1860. S. 259. Verdunstung. 1860. S. 260. Bewegung des Saftes in den Holzpflanzen. 1871. S. 41. Bestimmung des Holz-, Wasser- und Luftgehaltes der deutschen Waldbäume. 1871. S. 81. Periodische Schwankungen des Wassergehaltes der Bäume. 1871. S. 121. Gerbstoff der Eiche. 1871. S. 249. Ueber generatio spontanea, Hoffmann, 1871. S. 358, ego 1872. S. 184. Lärchenkrebs. 1872. S. 184. Abwelken der Bäume mit belaubter Krone. 1872. S. 294, 296. Bluten der Bäume. 1872. S. 299. Temperatur der Baumluft. 1873. S. 1, 145. Bluten der Bäume aus alten Bohrlöchern. 1874. S. 4. Das forstliche Versuchswesen. 1876. S. 1. Materialismus und Vitalismus. 1876. S. 3. Wassergehalt des Schaftholzes lebender Pflanzen. 1876. S. 6. Verdunstungsmenge junger Holzpflanzen, 1876. Photometrisches. 1876.
3) Botanische Zeitung von v. Mohl und v. Schlechtendal: Organisation der Nadelholzgattungen. 1848. S. 12[illegible]. Endosmotische Eigenschaften der Pflanzenhäute. 1853. S. 309. 481. Ueber die Oberhaut. 1853. S. 399. Freiwilliges Bluten der Hainbuche. 1853.

S. 478. Ueber die Adventivknospen der Lenticellen. 1853. S. 513. Stearopten aus Juniperus virginiana. 1853. S. 519. Entwickelung des Jahresringes. 1853. S. 553. Aufsaugung gefärbter Flüssigkeiten durch Steckreiser. 1853. S. 617. Verhalten einer Stärkmehlart zur Wärme. 1853. S. 638. Bildung und Entwickelung der sogenannten Knospenwurzeln, Entstehung der Blattachselknospen. 1854. S. 1. Ueber die Querwände in den Siebröhren. 1854. S. 51. Ueber die Funktionen des Zellkerns. 1854. S. 574. 877. Verhalten des Zellkerns bei der Zellentheilung. 1854. S. 893. Verhalten des Zellkerns bei der Zellbrutentwickelung. 1855. S. 166. Ueber die Bildung der Zellwandung. 1855. S. 185. 222. Entwickelung der Spiralfaserzelle. 1855. S. 201. Entstehung der Markstrahlen. 1855. S. 217. Die Knospendecken von Salix, Magnolia. 1855. S. 223. Beiträge zur Entwickelungsgeschichte der Pflanzenzelle — Vaucheria — Cladophora — Oedogonium — Spirogyra — Palmella. Ueber den Zellkern — Ablagerungsschichten der Zellwand — Schwärmfäden der Antheridien. 1855. S. 393—513. (Conferva reticulata. 1846. S. 193.) Ueber das Klebermehl. 1855. S. 881. 1856. S. 257. Bau des Stärkmehls. 1855. S. 905. 1856. S. 349. Wässerige Ausscheidungen durch die Blätter. 1856. S. 911. Bewegung des Saftes in den Holzpflanzen. 1858. S. 328. Vergleichende Anatomie der Laubhölzer. 1859. S. 93. Bluten der Hainbuche. 1861. S. 17. Der Schröpfsaft. 1871. S. 18. Der Cambialsaft. 1861. S. 19. Verdunstung. 1861. S. 19. Verdunstung der Nadelhölzer im Winter. 1861. S. 20. Oekonomie der Verdunstung. 1861. S. 19. Unterschiede des Gehaltes an festen Stoffen in Wurzel- und in Gipfelsaft. 1861. S. 22. Aufsaugung von Farbstoffen durch Wundflächen. 1861. S. 22. Entlaubungsversuche an der Weymouthkiefer. 1862. S. 70. Ringelung hängender Zweige. 1862. S. 81. Folgen des Druckes einer Spirale auf die Saftbewegung im Baste. 1862. S. 81. Ringelversuche an der Schwarzkiefer. 1862. S. 82. Stecklinge in horizontaler Lage. 1862. S. 82. Bewegung des Saftes im Baste. 1862. S. 82. Bluten der Eiche und des Wallnußbaumes, 1862. S. 89. Verhalten alter Bohrlöcher zur Säfteleitung. 1862. S. 90; (Fortsetzung dieser Beobachtung in Forst- und Jagdzeitung, 1872—73). Ueber die Bewegung des Ptychodesaftes (Schlauchsaftes). 1862. S. 191. Bewegung des Saftes in den Milchsaftgefäßen. 1862. S. 97. Die Schließhaut des Tipfels der Nadelhölzer. 1862. S. 105. Verdunstung der Zweigspitzen im laublosen Zustande. 1863. S. 261. Bluten der Hainbuche im Jahre 1863, S. 269. Bluten der Hainbuche, Rothbuche, Ahorne, Birke im Jahre 1863, S. 277. Endosmotisches Verhalten der Holzfaser. 1863. S. 285. Ringelversuche an der Linde. 1863. S. 286. Ringelversuche an Nadelholzästen. 1863. S. 286. Funktion des Siebfasergewebes bei der Säfteleitung. 1863. S. 287. Zeit des Zuwachses der Baumwurzeln. 1863. S. 289. Absterben der Faserwurzeln. 1863. S. 289. Die Schließhaut des Nadelholztipfels. 1863. S. 293. Abscheidung von Gasen aus luft-

haltigen Flüssigkeiten beim Eingehen in capillare Räume. 1863. S. 301. Einfluß der Verdunstung auf Hebung des Pflanzensafts. 1863. S. 302. Das Gerbmehl. 1865. S. 53. 237. Verhalten der Blätter zur atmosphärischen Feuchtigkeit. 1865. S. 238. Pilzbildung im keimfreien Raume. 1868. S. 902.
4) Nobbe, Landwirthschaftliche Versuchsstationen, Bd. 10 und 11. Weitere Belege für Pilzbildung im keimfreien Raume.
5) Nördlinger, Kritische Blätter für Forstwissenschaft, Bd. 51, Heft 1 und 2. Berichterstattung über das Willkom'sche Werk: die mikroskopischen Feinde des Waldes. Gleichfalls Belege zur Pilzbildung im keimfreien Raume.
6) Karsten, Botanische Untersuchungen, 1867, 1) Zur Entwickelungsgeschichte des Zellkerns; 2) Ueber den Bau der Pollenwandung und der Fovilla. 2 Taf. Abbild.
7) Sitzungsberichte der Wiener Akademie der Wissenschaften, 1) Entwickelungsfolge und Bau der Holzfaserwandung, Maiheft 1870. 1 Taf. Abhandl. Gegen Hoffmeisters Darstellung gerichtet; 2) Verjauchung todter organischer Stoffe. Maiheft 1870. 1 Taf. Abbild. 3) Ueber den Bau des Stärkmehls. Märzheft 1871.
8) Handelsblatt für Walderzeugnisse 1875. 1) Vanillin aus dem Cambialsafte der Nadelhölzer; 2) Beiträge zur Kenntniß des specif. Gewichts der Holzarten.

Zweite Abtheilung.

Besondere Naturgeschichte der forstlich beachtenswerthen Waldgewächse.

Erster Abschnitt.

System und Charakteristik.

Die Gewächse überhaupt zerfallen in zwei große Gruppen: 1) in solche, die sich durch *einfache* Keimkörner fortpflanzen, d. h. durch Keime, an denen Wurzel, Stengel, Blattausscheidungen nicht nachweisbar sind — *samenlappenlose* Pflanzen (Acotyledones Juss.), bei denen zugleich ein Zusammenwirken zweier verschiedener Geschlechter zur Entstehung des Keimes nicht erkennbar ist — *verborgen-ehige* Pflanzen (Cryptogamae Linn.); 2) in solche mit deutlich unterschiedenen männlichen und weiblichen Geschlechtstheilen — *sichtbar-geschlechtliche* Pflanzen (Phaenogamae Auct.), deren Zusammenwirken einen Keim erzeugt, der schon im fertigen Samenkorn die Haupttheile der Pflanze: Wurzel, Stengel, Blattausscheidung erkennen läßt — *samenlappige* Pflanzen (Cotyledoneae Juss.).

Die Cryptogamen oder Acotyledonen zerfallen wiederum in drei Abtheilungen

1 a. in solche, die nur aus parenchymatischem Zellgewebe bestehen und keine bestimmt ausgeprägten Blattformen ausbilden (Aphyllae Dec.). Dahin gehören

a) die Wasseralgen — Algae Lindl. Meist grün gefärbte Fäden oder Schleimmassen oder blatt- oder corallenähnliche Bildungen, nur im Wasser lebend;

b) die Luftalgen, Pilze, Schimmel, Schwämme — Fungi Juss. Den vorigen in der Bildung ähnlich, aber nur in feuchter Luft und im Boden lebend;

c) die Flechten — Lichenes Hoffm. Nur in der Luft, an Baumstämmen, Mauern, Felsen wachsende, vieljährige Pflanzen von warziger, rindenartiger, bärtiger oder gelappter Form; von den Wasseralgen durch ihren Standort, von den Luftalgen durch vieljährige Lebensdauer, wie durch Trennung des Zellgewebes in eine Rinde-, Mark- und Brutschicht unterschieden;

1 b. in solche, die ebenfalls nur aus parenchymatischen Zellgeweben bestehen, aber bestimmt ausgeprägte Blätter tragen. (Foliosae Dec.);

d) Armleuchter — Characeae Rich. Die Blätter stengelförmig, quirlständig, Schachtelhalm-ähnlich. Leben nur im Wasser;

e) Lebermose — Hepaticae Juss. Die Blätter ausgebreitet; Fruchtkapseln ohne Deckel. Jungermannia häufig an der Rinde stehender Bäume strahlig sich verbreitend. Marchantia auf Felsen;

f) Laubmoose — Musci Juss. Die Blätter ausgebreitet; Fruchtkapseln mit Deckel und Haube. An Baumstämmen, Felsen und auf dem Boden;

1 c. in solche, deren Zellgewebe aus Parenchym und ächtem Prosenchym zusammengesetzt ist (Cr. vasculares);

g) Schachtelhalme — Equisetaceae Dec. Blätter undeutlich, quirlständig, zu einer kurzen röhrigen Scheide verwachsen. Schaft gegliedert. In Sümpfen, Mooren und Wiesen;

h) Farrenkräuter — Filicinae Juss. Blätter entwickelt, Stengel nicht gegliedert; theils im Wasser lebend: Marsilea, Pilularia, Isoëtes, theils auf feuchtem Boden, wie das moosähnlich belaubte Lycopodium und die ächten Farren (Filices) mit wedelförmigem Laube.

Die Phänogamen oder Cotyledoneen zerfallen in zwei Abtheilungen: in einsamenlappige (Monocotyledones Juss.) und mehrsamenlappige Phänogamen (Dicotyledones).

Die Monocotyledonen unterscheiden sich im Keime durch die vereinzelte erste Blattausscheidung (daher der Name); ferner durch die zerstreute Stellung der Gefäßbündel zwischen dem Zellgewebe des Stengels, in Folge dessen: Mangel eines geschlossenen Mark-, Holz- und Rindekörpers; durch an ihrer Basis scheidig erweiterte Blätter mit parallelem Verlauf der Kiele ohne Rippenverzweigung; durch meist einfachen, nicht verästelten Schaft und durch Mangel der Blumenkrone.

Die Monocotyledonen zerfallen in solche mit verwachsenem Frucht-

knoten — Symphysogynae Rich., und in solche mit freiem Fruchtknoten — Eleutherogynae Rich.

Zu Ersteren gehören die Familien:

Hydrocharideae Bisch. Froschbiß, Hydrocharis, Stratiotes, Wasserpflanzen;

Scitamineae Bartl. Bananengewächse. Exotisch.

Orchidinae Bisch. Orchideen — Orchis, Ophris, Cypripedium;

Ensatae Bartl. Schwertblättrige Monocotyledonen — Iris, Galanthus, Narcissus, Gladiolus, Crocus.

Zu Letzteren gehören die Familien:

Liliaceae Juss. Lilien. Convallaria, Paris, Colchicum, Tulipa, Allium, Lilium, Ornithogalum;

Palmae Juss. Palmen. Exotisch;

Aroideae Bartl. Kolben. Typha, Sparganium, Acorus, Arum, Calla;

Helobiae Bartl. Sumpflilien. Alisma, Triglochin, Potamogeton, Lemna;

Juncinae Bartl. Graslilien. Juncus, Luzula.

Glumaceae Bartl. Balggräser. a) Cyperaceae: Cyperus, Schoenus, Scirpus, Eriophorum, Carex. b) Gramineae: Phragmites, Arundo, Elymus, Triticum, Milium, Agrostis, Aira, Poa, Bromus, Nardus u. v. a.

Die Dicotyledoneen unterscheiden sich im Keime von den Monocotyledoneen dadurch, daß nicht ein, sondern zwei (bei den meisten Nadelhölzern mehrere) Gefäßbündel, gegenüber stehend zu den ersten Blättern ausgeschieden sind (daher der Name). Die Gefäßbündel des Stengels sind zu einem Kreise vereint und bilden den, das Zellgewebe in Mark und Rinde trennenden Holzring. Mit Ausschluß der Nadelhölzer sind die Kiele der Blätter gerippt, die Stengel meist vielfältig verzweigt und verästelt, eine Blumenkrone meist vorhanden. Bäume, Gesträuche, Stauden und Kräuter.

Insofern man unter Holz den in der Querfläche ringförmigen Verein der Gefäßbündel versteht, sind alle Dicotyledonen zugleich auch Holzpflanzen. Man beschränkt aber den Begriff der Holzpflanze in der Regel auf diejenigen Dicotylen, bei denen der Stengel und die Zweige eine mehrjährige Lebensdauer haben, während welcher der Holzkörper alljährlich durch eine neue Schicht sich vergrößert. Dadurch werden ausgeschlossen: die Staudengewächse mit mehrjährigem Stengel, aber alljährlich absterbenden Zweigen, wie die Raute, Ruta graveolens; der Gartenquendel, Thymus vulgaris; die Salbey, Salvia officinalis. Es werden ferner ausgeschlossen die Kräuter: Holzpflanzen mit alljährlich absterbendem Stengel, wie die Erdbeere, Fragaria; das Bingelkraut, Mercurialis; die Tollkirsche, Atropa etc. Zu den Kräutern gehören auch alle einjährigen dicotylen Pflanzen. Die Trennung ist jedoch eine künstliche, denn wir haben häufig Gesträuche, Stauden und Kräuter in einer Gattung beisammen, wie z. B. Spiraea (Aruncus), Sambucus (Ebulus) etc.

Nach der Blüthenbildung habe ich die Holzpflanzen eingetheilt in schuppenblumige, kelchblumige und kronblumige Holzpflanzen.

Bei den schuppenblumigen Holzpflanzen ist die Blüthe überhaupt unvollständig, ein wahrer Kelch fehlt ebenso wie eine wahre Blumenkrone, an deren Stelle blattähnliche, schuppenförmige Umhüllungen der meist getrennten Befruchtungswerkzeuge auftreten. Zwischen der eigentlichen Schuppe und dem Fruchtknoten tritt häufig ein kelchähnliches oder blätteriges Organ auf, theils frei, theils mit dem Fruchtknoten verwachsen; an der männlichen Blume Perianthium, an der weiblichen Perigonium genannt. Die einzelnen Blumen sind in der Mehrzahl meist spiralförmig und gedrängt um einen gemeinschaftlichen Blumenboden gestellt, mit dem sie einen Zapfen oder ein Kätzchen bilden.

Bei den kelchblumigen Holzpflanzen ist zwar ein normaler glockenförmiger Kelch vorhanden, es fehlt aber die Blumenkrone. Blüthestand meist vereinzelt; Blüthe theils eingeschlechtig, theils hermaphroditisch.

Bei den kronblumigen Holzpflanzen ist die Blüthe vollständig; Kelch und Blumenkrone umgeben die in derselben Blume vereinten männlichen und weiblichen Befruchtungswerkzeuge.

In Nachstehendem gebe ich eine Uebersicht der in Deutschlands Wäldern wildwachsenden Holzpflanzen bis zur Unterscheidung der Gattung.

I. Schuppenblumige Holzpflanzen — Lepidanthae.

1 a. Blattkiel ohne Rippen. Eier nackt, am Grunde eines offenen Fruchtblattes; Gefäßbündel ohne Holzröhren, Säfte harzreich.

A. Nadelblätterige Schuppenblumer — Acerosae.

2 a. Frucht vielsamig, zapfenförmig, der Eimund dem Blumenboden zugekehrt (Monöecia) . . 1) Zapfenbäume **Abietineae.**
- 3 a. Blätter, einzelständig, scheidelos, mehrjährig.
  - 4 a. Blätter walzig, vierkantig . . . . . . Fichte Picea excelsa. [1]
  - 4 b. Blätter platt, schwertförmig . . . . . . Tanne Abies pectinata.
- 3 b. Blätter an älter als einjährigen Trieben in Büscheln, sommergrün, ohne Scheide . . . . Lärche Larix europaea.
- 3 c. Blätter zu 2—5 in gemeinschaftlicher Scheide, mehrjährig . . . . Kiefer Pinus.
  - 4 a. 2—3 Nadeln in einer Scheide
    - 5 a. Blüthe und Zapfen niedergebeugt.
      - 6 a. Blattscheiden 4—5mal länger als breit . . . . P. austriaca.
      - 6 b. Blattscheiden 2—3mal länger als breit . . . . P. sylvestris.
    - 5 b. Blüthe und Zapfen bis kurz vor der Reife aufgerichtet P. Pumilio, uncinata, Mughus.
  - 4 b. 4—5 Nadeln in einer Scheide
    - 5 a. Die jungen Triebe mit rother Wolle . . . . . P. Cembra.
    - 5 b. Die jungen Triebe kahl (cult.) . . . . P. Strobus.

2 b. Frucht vielsamig, zapfenförmig (Thuja), oder kuglich und beerenähnlich (Juniperus); der Eimund dem Fruchtboden abgekehrt (dioec.) . . . . 2) Cypressen **Cupressineae.**
- Blätter quirlständig, Frucht eine Scheinbeere Wachholder Juniperus communis.

2 c. Frucht einsamig, eine Scheinbeere, Eimund aufgerichtet (dioec.) . . . . 3) Eiben **Taxineae.**

[1] Der Raumersparniß wegen können hier die Autorencitate nicht mit aufgenommen werden.

Blätter spiralig geordnet, schwertförmig, Abies-ähnlich, aber zugespitzt . . . . Eibe Taxus baccata.

1 b. Blattkiel gerippt; das Fruchtblatt zu einem geschlossenen Fruchtknoten verwachsen, darin die Eier; Gefäßbündel mit Holzröhren; Säfte wässerig.

B. Laubblätterige Schuppenblumer — Phyllosae.

2 a. Männliche und weibliche Blumen, getrennt auf verschiedenen Pflanzen (Dioecia).

3 a. Früchte beerenähnlich. Blätter mit leuchtenden Wachströpfchen . . . . 4) **Gagel** **Myricaceae.**
Gagel Myrica Gale.

3 b. Frucht eine aufspringende Kapsel mit vielen wandständigen Eiern . . . . 5) **Weiden** **Salicinae.**

4 a. Fruchtknoten und Staubgefäße der Schuppe unmittelbar aufsitzend, mit nebenstehenden Honiggefäßen; nur zwei kappenförmig verwachsene Knospendeckblätter Weide Salix.

5 a. Blattstiel drüsenlos (Gymniteae).

6 a. Kätzchen endständig, auf langem beblättertem Stiele; Zwergsträuche der höchsten Alpenregion . . . . Gletscherweiden.
S. herbacea, retusa, reticulata.

6 b. Kätzchen seitenständig.

7 a. Fruchtknoten sitzend oder kurz gestielt, Stiel nicht über $^1/_3$ der Fruchtknotenlänge lang.

8 a. Kleinsträuche der höheren Gebirgsregionen mit knickigen Trieben; Blätter elliptisch oder eiförmig oder verkehrt eiförmig, meist nicht zweimal, selten über dreimal so lang als breit, kahl oder dicht seidig behaart . . . . Alpenweiden.
Blätter dicht seidig behaart: S. glauca, Lapponum (arenaria), canescens.
Blätter kahl oder schwach und hinfälligseidig behaart. S. Myrsinites, caesia, prunifolia — Waldsteiniana, arbuscula, phylicifolia (formosa) — hastata, glabra, Hegetschweilerii.

8 b. Bäume, Mittel- und Großsträuche der Ebene, besonders der Flußufer, selten und nur vereinzelt in die Gebirge und Wälder eintretend, mit schlanken, ruthenförmigen Trieben, mit verlängerten schmalen Blättern, deren Länge die eigene Breite um mehr als das Dreifache übersteigt.

9 a. Die jüngeren Aeste mit blauweißem Reif. Baumwüchsig . . . . Reifweiden.

10 a. Afterblätter so lang wie der Blattstiel . . . S. acutifolia.

10 b. Afterblätter kürzer wie der Blattstiel.

11 a. Griffel gespalten, Fruchtknoten ganz kahl . S. praecox.

11 b. Griffel kurznarbig, Fruchtknoten am Stiele behaart, Blätter und Triebe hinfällig-filzhaarig . . . . S. pomeranica.

11 c. Griffel kurznarbig, Fruchtknoten und terminale Blätter seidig behaart . . . . . . S. maritima.

9 b. Aeste ohne Reif.

10 a. Staubgefäße verwachsen, Blätter kahl oder hinfällig-seidig-behaart, oberseits glatt . . . Purpurweiden.

11 a. Afterblätter fehlen . . . . S. purpurea.

11 b. Afterblätter vorhanden.

12 a. Fruchtknoten gestielt, Griffel kurz, Narben kurz, kolbig, gespalten . . . . . . S. Pontederana.

12 b. Fruchtknoten sitzend, Griffel verlängert, Narben verlängert, fadenförmig, sperrend, ganz . . . . S. rubra.

10 b. Staubgefäße frei, Blätter mindestens auf der unteren Fläche bleibend-seidig oder filzig behaart, oberseits gefurcht oder nadelrissig, Narben meist fadenförmig . . . . Spitzweiden.[1]

7 b. Fruchtknoten lang gestielt, Stiel meist über $^1/_2$ der Fruchtknotenlänge . . . . Sahlweiden.

8 a. Untere Blattfläche bleibend filzig behaart: Narben kurz und eiförmig, sitzend oder fast sitzend (Waldweiden).

9 a. Obere Blattseite bleibend behaart, Zweige und Stamm spannrückig.

10 a. Knospen kahl . . . . S. aurita.

10 b. Knospen behaart . . . . S. cinerea.

9 b. Obere Blattseite kahl, Zweige und Stamm cylindrisch.

10 a. Blätter rundlich oder elliptisch, größte Breite in oder unter der Mitte . . . . S. Caprea.

10 b. Blätter verlängert-verkehrt-eiförmig, größte Breite über der Mitte . . . . S. grandifolia.

8 b. Untere Blattfläche kahl oder seidenhaarig

9 a. Groß- und Mittelsträuche der Gebirge und des Seestrandes. Blätter über oder wenig unter Rothbuchenblattgröße, Griffel verlängert: S. laurina, silesiaca, nigricans (punctata).

9 b. Kleinsträuche, meist niederliegend und durch Ausläufer sich mehrend; Blätter von Schlehdornblattgröße oder wenig größer, an der Spitze oft gefaltet oder dornspitzig; Kätzchen klein, Griffel kurz und sehr kurz. (Sandweiden).

10 a. Blätter unterseits nicht angepreßt-seidenhaarig, nicht silberglänzend. (Gebirgs-Sand-

[1] Arten der Spitzweiden:

1 a. Blätter beiderseits rein grün, d. h. die Grundfarbe der unteren Blattseite nicht heller blaugrün . . . . Korbweiden.

2 a. Afterblätter fehlen oder sehr klein, Behaarung der unteren Blattseite dicht und silberglänzend . . . . S. viminalis.

2 b. Afterblätter sehr groß, so lang wie der Blattstiel, lange bleibend.

3 a. Blattrand ganz oder wellig gekerbt . . . . S. stipularis.

3 b. Blattrand weitläufig-drüsig-fägezähnig . . . . S. viadrina.

2 c. Afterblätter von geringer Größe, kürzer als der Blattstiel, rasch abfallend.

3 a. Blattrand drüsig-sägezähnig, nie ganzrandig.

4 a. Die Randdrüsen bis zur Blattbasis, oft bis an die Seiten des Blattstiels hinabsteigend . . . . S. mollissima.

4 b. Blattbasis drüsenlos.

5 a. Größte Blattbreite über der Mitte . . . . S. Kochiana.

5 b. Größte Blattbreite unter der Mitte . . . . S. holosericea.

3 b. Blattrand flach wellig gekerbt, oft ganzrandig . . . . S. Smithiana.

1 b. Grundfarbe der unteren Blattseite hell bläulich-grün, das Geäder mehr oder weniger gelblich . . . . Filzweiden.

2 a. Behaarung hinfällig-seidig . . . . S. acuminata.

2 b. Behaarung sammtig . . . . S. salviaefolia.

2 c. Behaarung mehlig-filzig.

3 a. Blätter breit-oblong-elliptisch . . . . S. Seringeana.

3 b. Blätter schmal-oblong-lanzettlich.

4 a. Größte Blattbreite über der Mitte. . . . . S. farinosa.

4 b. Größte Blattbreite in der Mitte . . . . S. subalpina.

3 c. Blätter schmal-linear-lanzettlich, bis zum Blattstiele drüsig S. incana (riparia).

weiden.) S. depressa, myrtilloides — finmarchica, ambigua, velata, lantana, versifolia (fusca Lin.).

10 b. Blätter unterseits angepreßt-seidenhaarig, silberglänzend (Sandweiden der Ebene). S. argentea, repens, angustifolia — rosmarinifolia.

5 b. Blattstiel an der Spitze drüsig (Adeniteae).

6 a. Schuppen der Kätzchen bleibend; Rinde in Schuppen abblätternd (wie Platanus), die Spitze der jährigen Triebe gefurcht; Sträucher . . . . Mandelweiden.

7 a. Blätter verlängert lanzettlich, unterseits glanzlos, hinfällig behaart.

8 a. Blumen zweimännig . . . . S. hippophäefolia.

8 b. Blumen dreimännig . . . . S. undulata.

7 b. Blätter oblong-elliptisch, unterseits glänzend, durchaus kahl . . . . S. amygdalina.

6 b. Schuppen der Kätzchen, bald nach der Blüthe abfallend; Rinde rissig; die jungen Triebe walzig; Bäume Baumweiden.

7 a. Blattranddrüsen grün oder schwarz.
Blätter lederartig steif, lebhaft glänzend wie gefirnißt, stets ganz kahl.

8 a. Afterblätter fehlen oder drüsenförmig . . . . S. pentandra.

8 b. Afterblätter blattförmig.

9 a. Blüthe, vier- bis fünfmännig, Tracht der S. pentandra . . . . S. tetrandra.

9 b. Blüthe drei- bis viermännig, in Tracht und Belaubung der S. fragilis näher stehend . . . S. cuspidata.

7 b. Blattdrüsen mit weißem Sekret, Blätter weniger steif und glänzend, vor völliger Entwickelung seidig oder bleibend seidenhaarig.

8 a. Afterblätter nierenförmig, untere Blattfläche grün S. fragilis.

8 b. Afterblätter lanzettlich, untere Blattfläche blaugrün S. Russeliana.

8 c. Afterblätter verschwindend klein, pinselförmig behaart; Triebe nicht brüchig . . . . S. alba (vitellina).

4 b. Fruchtknoten und Staubgef. auf einem kelchartigen Träger; viele nicht verwachsene Knospendeckblätter Pappel Populus.

5 a. Knospen trocken, behaart.

6 a. Narben viertheilig, Blätter unterseits silberweiß . P. alba.

6 b. Narben achttheilig, Blätter unterseits grauhaarig, silberhaarig gestreift . . . . P. canescens.

5 b. Knospen kahl, mehr oder weniger klebrig.

6 a. Fruchtknoten verlängert, schlank; Blätter rundlich, grob-buchtig-sägezähnig . . . . P. tremula.

6 b. Fruchtknoten kuglich, Blätter deltoid bis rhombisch, eng-hackig-sägezähnig.

7 a. Schaft in Aeste vertheilt, Wuchs sperrig . . . P. nigra.

7 b. Schaft aushaltend, Wuchs pyramidal . . . . P. dilatata.

2 b. Männliche und weibliche Blumen getrennt auf derselben Pflanze (Monoecia).

3 a. Ein wandständiges Ei; Fruchtknoten nackt; Blätter handförmig gelappt, mit scheidigen Afterblättern 6) Platanen **Plataneae.** (cult.) Platanus occidentalis.

3 b. Mehrere achsenständige Eier, Blätter einfach mit freien, schuppigen, rasch hinfälligen Afterblättern.

4 a. Fruchtknoten nackt, zwei Eier in jedem Fruchtknoten (Gymnocarpae) . . . . 7) Birken **Betulaceae.**

5 a. Drei Fruchtknoten auf jeder Schuppe, die Schuppen hinfällig: Staubfäden in einer Gruppe . . Birke Betula.
6 a. Baumwüchsige Arten.
7 a. Blätter und Triebe kahl, letztere rauh durch Wachsabsonderung, die Borke älterer Bäume am Fuße stark aufgerissen . . . . B. alba (verrucosa).
7 b. Blätter und Triebe behaart, ohne Wachsabsonderung, die Borke nie stark aufgerissen . . . . B. pubescens (alba Lin).
6 b. Strauchwüchsige Arten.
7 a. Unbehaart mit Wachsabsonderung, Wuchs aufgerichtet B. fruticosa.
7 b. Behaart ohne Wachsabsonderung der Triebe, Wuchs niederliegend . . . . B. nana.
5 b. Zwei Fruchtknoten auf jeder Schuppe, letztere bleibend; Staubfäden in drei Gruppen . . . . . Eller Alnus.
6 a. Knospen gestielt.
7 a. Blätter rundlich mit keilförmiger Basis und gebuchteter Spitze, klebrig; Rinde graubraun . . . . A. glutinosa.
7 b. Blätter elliptisch, nicht klebrig, Rinde aschgrau . A. incana.
6 b. Knospen sitzend . . . . A. viridis.
4 b. Fruchtknoten mit einem Perigonium innig verwachsen (Hymenocarpeae).
5 a. Zwei Eier in jedem Fruchtknoten, zwei Fruchtknoten in jeder Blume . . . . 8) **Haseln** **Corylaceae.**
6 a. Fruchtbecher blattähnlich, einblättrig.
7 a. Becherblatt schlauchförmig verwachsen Hopfenbuche Ostrya.
O. vulgaris.
7 b. Becherblatt offen, dreilappig . . Hornbaum Carpinus.
C. Betulus.
6 b. Fruchtbecher vielblättrig, kelchförmig . . Hasel Corylus.
7 a. Rinde korkartig . . . . C. Colurna.
7 b. Rinde glatt . . . . C. Avellana.
5 b. Sechs oder vierzehn Eier in jedem Fruchtknoten.
6 a. Ein Fruchtknoten in jeder Blume, Fruchtbecher offen und ungetheilt . . . . 9) **Eichen** **Quercineae.**
7 a. Fruchtbecher schuppig . . . . Eiche Quercus.
8 a. Blätter ganz kahl, an der Basis gekräuselt, Blüthe und Frucht gestielt . . . . Q. pedunculata.
8 b. Blätter mehr oder weniger, bis auf wenige vereinzelte Härchen behaart, an der Basis eben, Blüthen und Früchte sitzend . . . . Q. Robur.
7 b. Fruchtbecher zottig . . . . Q. Cerris.
6 b. Zwei Fruchtknoten in jeder Blume, Fruchtbecher geschlossen und klappig . . . . 10) **Eckern** **Fagineae.**
Buche Fagus sylvatica.
6 c. Drei Fruchtknoten in jeder Blume, 14 Eier in jedem Fruchtknoten, Fruchtbecher geschlossen und klappig 11) **Maronen** **Castaneae.**
Marone Castanea vesca.
3 c. Ein achsenständiges aufgerichtetes Ei in jedem Fruchtknoten, ein Fruchtknoten in jeder Blume; Blätter gefiedert ohne Afterblätter . . . . . . 12) **Nußbäume** **Juglandineae.**
(cult.) Wallnußbaum Juglans regia.

II. Kelchblumige Holzpflanzen — Calycanthae.

1 a. Blätter gefiedert . . . . 13) **Eschen** **Fraxineae.**
Esche Fraxinus.
F. excelsior.

Merkmal	Deutsch	Latein
1 b. Blätter einfach gesägt, scharfhaarig .	14) **Nessel-Bäume**	**Urticeae.**
2 a. Blüthen in Kätzchenform	Maulbeerbaum	Morus. (cult.) M. alba.
2 b. Blüthen vereinzelt (polygamisch) . .	Zirgelbaum	Celtis. C. australis.
2 c. Blüthen in Büscheln (hermaphroditisch) . . .	Rüster	Ulmus.
3 a. Afterblattnarben mit bleibenden weißen Büschelhaaren .		U. suberosa.
3 b. Afterblattnarben kahl		
4 a. Frucht kahlrandig, kurzgestielt		U. campestris.
4 b. Frucht gewimpert, langgestielt		U. effusa.
1 c. Blätter einfach, ganzrandig, sternhaarig .	15) **Oleastern** Seekreuzdorn	**Elaeagneae.** Hippophäe. H. rhamnoides.
1 d. Blätter einfach, ganzrandig, kahl oder weichhaarig: alpina	16) **Seideln** Seidelbast	**Thymeleae.** Daphne.
D. Mezereum, alpina, Laureola.		

III. Kronblumige Holzpflanzen — Corollanthae.

Merkmal	Deutsch	Latein
A. Blumenkrone einblättrig, d. h. die Kronenblätter sind von ihrer Basis aus mehr oder weniger weit hinauf mit einander verwachsen (Monopetalae).		
1 a. Kelch frei, Blüthe vereinzelt, Blumenkrone regelmäßig.		
2 a. Nur zwei Staubgefäße	17) **Fliedern** Rheinweide	**Ligustrinae.** Ligustrum.
(Syringa vulgaris)		L. vulgare.
2 b. Mehr als zwei Staubgefäße.		
3 a. Blumenkrone in der Knospe gefaltet oder gedreht.		
4 a. Blätter wechselständig	18) **Nachtschatten**	**Solaneae.**
5 a. Stengel ruthenförmig	Bocksdorn	Lycium. L. barbarum.
5 b. Stengel kletternd	Mäuseholz	Solanum. S. dulcamara.
4 b. Blätter gegenüberstehend . . .	19) **Drehblumen** Sinngrün	**Contortae.** Vinca. V. minor.
3 b. Blumenkrone in der Knospe dachig.		
4 a. Blüthen gesellig; Blumenkrone tief gespalten, ausgebreitet, oft ungleich	20) **Porste** Kienporst	**Rhodoreae.** Ledum. L. palustre.
4 b. Blüthen zerstreut, Blumenkrone flach gespalten, glockenförmig.		
5 a. Blüthen achtmännig	21) **Heiden**	**Ericeae.**
Sumpfheide Erica tetralix, Sandheide Calunna vulgaris.		Calunna vulgaris.
5 b. Blüthen zehnmännig.		
6 a. Frucht eine Kapsel . .	22) **Rosmarien-Heiden** Poleiblättrige Rosmarien-Heide,	**Andromedeae.** Andromeda polifolia.
6 b. Frucht, eine Beere . .	23) **Bärenbeer-Heiden** Bärenbeerstrauch	**Arbuteae.** Arbutus uva ursi.
1 b. Kelch mit dem Fruchtknoten verwachsen, die Frucht mit den Kelchzipfeln gekrönt.		
2 a. Blätter wechselständig	24) **Preißeln**	**Vaccineae.**
3 a. Blumenkrone tief gespalten . . .	Moosbeere	Oxycoccos.
Sumpf-Moosbeere		O. palustris.
3 b. Blumenkrone flach gespalten . . .	Heidelbeere	Vaccinium.
4 a. Blumenkrone glockenförmig, Blätter immergrün, Beeren roth.		
5 a. Griffel, die Blumenkrone überragend, Kronsbeere .		V. Vitis Idaea.

5 b. Griffel nicht aus der Blumenkrone hervorstehend . . V. intermedium.
4 b. Blumenkrone eiförmig, Blätter sommergrün, Beeren blauschwarz.
5 a. Blätter ganzrandig. Sumpfbeere . . . . V. uliginosum.
5 b. Blätter fein gesägt. Heidelbeere . . . . V. Myrtillus.
2 b. Blätter gegenüberstehend.
3 a. Blumenkrone mit unregelmäßiger Randtheilung, meist röhrenförmig . . . . 25 **Gaisblatt, Caprifoliaceae.**
Lonicera Caprifolium, Peryclimenum, Xylosteum, nigra, alpigena, caerulea. Linnaea borealis.
3 b. Blumenkrone regelmäßig, radförmig ausgebreitet 26) **Hollundern, Sambuceae.**
4 a Blätter einfach . . . . Schneeball Viburnum.
V. Opulus, Lantana.
4 b. Blätter gefiedert . . . . Holder Sambucus.
S. nigra, racemosa, Ebulus.
B. Blumenkrone aus mehreren bis zum Grunde getrennten Blättern bestehend (Polypetalae).
A. Die Staubfäden und Kronblätter dem Kelche entspringend, entfernt von der Basis des oder der Fruchtknoten (Calyciflorae).
1 a. Der Kelch mit dem Fruchtknoten verwachsen.
2 a. Fruchtknoten einfächrig.
3 a. Blätter immergrün; Schmarozer . . 27) **Misteln Loranthеae.**
Mistel Viscum album.
3 b. Blätter sommergrün; Frucht eine vielsamige Beere 28) **Ribse Grossularieae.**
Ribes Grossularia, alpinum, nigrum, rubrum, petraeum.
2 b. Fruchtknoten zwei oder mehrfächrig.
3 a. 1—2mal so viel Staubgefäße als Blumenblätter, Blüthestand doldig . . . . 29) **Schirmblumen Umbelliferae.**
4 a. Blumen einweibig, viermännig: Hartriegel Cornus.
5 a. Blüthendolde mit gemeinschaftlichen Deckblättern am Grunde . . . . C. mascula.
5 b. Blüthendolde ohne Deckblätter . . . . C. sanguinea.
4 b. Blumen 5—10weibig, 5—10männig . . Epheu Hedera. H. helix.
3 b. Viermal so viel Staubgefäße als Blumenblätter 30) **Apfelfrüchtler Pomaceae.**
4 a. Fruchtknoten holzig (Xylogynae).
5 a. Kelch nur bis zur Mitte mit dem Fruchtknoten verwachsen, Blätter ganzrandig. Quitten-Mispel, Cotoneaster.
C. vulgaris, tomentosa, laxiflora.
5 b. Kelch vollständig mit dem Fruchtknoten verwachsen.
6 a. Blüthe einzelständig . . . . . Mispel, Mespilus. M. germanica.
6 b. Blüthe in Dolden . . . . . . Hagedorn Crataegus.
7 a. 2—3 selten weniger Griffel und Steine . . . C. oxyacantha.
7 b. stets nur ein Griffel und Stein . . . . C. monogyna.
4 b. Fruchtknoten fleischig (Sarcogynae).
5 a. Viele Eier in jedem Fruchtknoten . . . Quitte Cydonia. C. vulgaris.
5 b. Nicht mehr als drei Eier in jedem Fruchtknoten.
6 a. Blüthen vereinzelt oder in Büscheln. Die unmittelbaren Blumenstiele am längsten. . . . . Apfel Pyrus.
7 a. Blätter mit zehn oder mehr schmächtigen Rippen. Birn (P. nivalis, Pollveria) . . . . P. communis.
7 b. Blätter mit 4—8 starken Rippenpaaren. Aepfel . P. Malus.

6 b. Blüthe in Dolden, die unmittelbaren Blumenstiele am kürzesten. (Sorbaria).
7 a. Blätter gefiedert, Früchte roth, Vogelbeere Sorbus.
8 a. Knospen kahl . . . . S. domestica.
8 b. Knospen behaart . . . . S. aucuparia.
7 b. Blätter handförmig gelappt, die unteren Lappen sperrend oder zurückgebogen, Früchte braun Elsbeere Torminaria.
T. europaea.
7 c. Blätter eiförmig bis elliptisch, mitunter schwach lappig, sägezähnig, Früchte roth.
8 a. Kronenblätter ausgebreitet . . Mehlbeere Aria.
9 a. Blätter elliptisch mit eiförmiger Basis, unterseits bleibend silberweiß . . . . A. Theophrasti.
9 b. Blätter breit-eiförmig, mit fast herzförmiger Basis, lappig-sägezähnig, unterseits grau-filzig A. intermedia.
Var. mit sehr breit ovalen Blättern A. interm. latifolia.
8 b. Kronenblätter aufgerichtet . . Zwergbeere Chamaemespilus.
Ch. ariaeformis.
4 c. Fruchtknoten lederartig häutig, das Fruchtknotenfleisch verdrängt (Dermatogynae). Blüthen in Trauben Traubenbirn Amelanchier.
A. vulgaris.
1 b. Der oder die Fruchtknoten mit dem Kelche nicht verwachsen.
2 a. Fruchtknoten in der Mehrzahl . . . . 31) Rosen **Rosaceae.**
3 a. Kelchzipfel über den im fleischigen Kelche eingeschlossenen Fruchtknoten . . . . Rose Rosa.
Am häufigsten R. canina und tomentosa, selten pimpinellifolia, cinnamomea, rubiginosa, arvensis.
3 b. Kelchzipfel unter den freien Fruchtknoten.
4 a. Früchtchen einsamig.
5 a. Blätter gefiedert, Früchtchen beerig . Brombeere Rubus.
Rubus Idaeus: Himbeere, R. fruticosus, caesius, saxatilis: Brombeere.
5 b. Blätter einfach, Früchtchen trocken mit gefiedertem Griffel . . . . Silberwurz Dryas.
D. octopetala.
4 b. Früchtchen mehrsamig . . . . . Spierstrauch Spiraea.
S. salicifolia.
2 b. Nur ein Fruchtknoten.
3 a. Der Fruchtknoten einkammrig.
4 a. Der Fruchtknoten einsamig mit fleischiger Außenwand 32) Mandeln **Amygdaleae.**
5 a. Blumen und Früchte vereinzelt oder in kurzen wenigblumigen Doldentrauben.
6 a. Früchte bereift, der Stein platt und uneben, Fruchtstiel kürzer als die Frucht . . . . Pflaume Prunus.
7 a. Blumenstiele kahl . . . . P. spinosa.
7 b. Blumenstiele flaumig.
8 a. Aestchen sammtig behaart . . . . P. insititia.
8 b. Aestchen kahl . . . . P. domestica.
6 b. Früchte nicht bereift, Stein kuglich, glatt, Fruchtstiel länger als die Frucht . . . . Kirsche Cerasus.
7 a. Blüthe vereinzelt oder in Büscheln.
8 a. Blattstiel drüsig . . . . C. avium.
8 b. Blattstiel drüsenlos . . . . C. Chamaecerasus.
7 b. Blüthe in Traubendolden . . . . C. Mahaleb.

4 b. Der Fruchtknoten einsamig mit trockner Außenwand, eine Nuß . . . . 33) **Balsambäume** **Terebintaceae.**
Sumach Rhus. Rh. Cotinus.

4 c. Der Fruchtknoten mehrsamig, Blumenkrone schmetterlingsförmig, die Frucht eine Hülse
34) **Hülsengewächse** **Leguminacea.**

5 a. Die Hülse mit Querwänden, Blätter siebenzählig Peltschen Coronilla. C. Emerus.

5 b. Die Hülse ohne Querwände.

6 a. Blätter einfach oder dreizählig; Staubfäden einbrüdrig.

7 a. Kelch einlippig, Blätter einfach, linear Pfriemen Spartium. S. radiatum.

7 b. Kelch zweilippig.

8 a. Kelch bis zur Basis getheilt, Blätter einfach lanzettlich . . . . Heckſame Ulex. U. europaeus.

8 b. Kelch nicht bis zur Basis getheilt,

9 a. Griffel kreisförmig zusammengerollt Besenpfrieme Sarothamnus. S. vulgaris. (Spartium scopar. Lin.).

9 b. Griffel gestreckt, die Narbe seitenständig.

10 a. Blätter einfach . . . . Ginster Genista. Dornenlose: G. sagittalis, tinctoria pilosa; dornige: G. germanica, anglica

10 b. Blätter dreizählig . . . Bohnenbaum Cytisus. C. laburnum, alpinus, nigricans austriacus, supinus.

7 c. Kelch fünfspaltig . . . . Hauhechel Ononis. O. spinosa, hircina, Natrix.

6 b. Blätter mehr als dreizählig, Staubfäden zweibrüdrig.

7 a. Hülse verlängert, platt . . . Schotendorn Robinia. cult. R. Pseudacacia.

7 b. Hülse verlängert, cylindrisch . . Erbsenbaum Caragana. cult. C. arborescens.

7 c. Hülse blasenförmig aufgetrieben . Blasenbaum Colutea. C. cruenta.

3 b. Der Fruchtknoten mehrkammrig.

4 a. Blätter sitzend schuppig, mit den Aestchen abfallend
35) **Tamarisken** **Tamaricaceae.**
Tamariske Tamarix. T. germanica.

4 b. Blätter sitzend, nicht hinfällig, immergrün
36) **Rauschbeeren** **Empetreae.**
Rauschbeere Empetrum. E. nigrum.

4 c. Blätter gestielt, scheibig.

5 a. Staubgefäße vor den Blumenblättern stehend
37) **Kreuzdorne** **Rhamnaceae.**

6 a. Blätter gegenüberstehend oder fast gegenüberstehend Kreuzdorn Catharticus. C. vulgaris.

6 b. Blätter wechselständig.

7 a. Blumen viertheilig, getrennt-geschlechtig Wegdorn Rhamnus. R. alpinus, pumilus.

7 b. Blumen fünftheilig, Zwitter. . Faulbaum Frangula. F. vulgaris.

5 b. Staubgefäße zwischen den Blumenblättern stehend.

6 a. Die Frucht eine Beere . . . . . . 38) **Hülsen** **Aquifoliaceae.**
Stachelhülse Ilex.
I. aquifolium.
6 b. Die Frucht eine Kapsel . . 39) **Pimpernüsse** **Staphyleaceae.**
7 a. Die Kapsel fleischig . . . Spindelbaum Evonymus.
Ev. latifolius, europaeus, verrucosus.
7 b. Die Kapsel blasig, häutig . . Pimpernuß Staphylea.
St. pinnata.

B. Die Staubfäden und Kronblätter unfern der Basis des Fruchtknotens einem gemeinschaftlichen Boden (unterweibige Scheibe) entspringend (Thalamiflorae).

1 a. Mehr als ein Fruchtknoten in jeder Blume, Kletterer 40) **Waldreben** **Clematideae.**
2 a. Blumen in Trauben . . . . Waldrebe Clematis.
C. vitalba.
2 b. Blumen einzelständig . . . . . . Alpenrebe Atragene.
A. alpina.

1 b. Nur ein Fruchtknoten in jeder Blume.
2 a. Triebe dornig . . . . 41) **Sauraché** **Berberideae.**
Saurach Berberis.
B. vulgaris.
2 b. Triebe unbewaffnet.
3 a. Blumenkrone unregelmäßig . . 42) **Roßkastanien** **Aesculaceae.**
Roßkastanie Aesculus.
A. hippocastanum.
3 b. Blumenkrone regelmäßig.
4 a. Blätter wechselständig . . . . . . 43) **Linden** **Tiliaceae.**
Linde Tilia.
5 a. Blätter sternhaarig . . . . T. alba.
5 b. Blätter schlichthaarig.
6 a. Blätter beiderseits grün . . . . T. platyphylla.
6 b. Blätter unterseits blaugrün . . . . T. europaea.
4 b. Blätter gegenüberstehend . . . . . 44) **Ahorne** **Acerineae.**
Ahorn Acer.
5 a. Blattstielspitze kahl, Knospendecken fleischig . . . A. platanoides.
5 b. Blattstielspitze bärtig.
6 a. Knospendecken fleischig . . . . A. pseudoplatanus.
6 b. Knospendecken häutig.
7 a. Blätter fünflappig . . . . A. campestre.
Var. mit tieferen meist ganzrandigen Lappen A. austriacum.
7 b. Blätter dreilappig . . . . A. monspessulanum.

Zweiter Abschnitt.

Nähere Beschreibung der wichtigeren Forstkulturpflanzen.

Unter den, in vorstehender Uebersicht aufgeführten, in unseren Wäldern wachsenden Holzarten, ist bei weitem die größte Zahl nicht Gegenstand forstlichen Anbaues; sie haben nur in sofern eine forstliche Bedeutung, als sie, da wo sie zufällig vorkommen, Gegenstand der Benutzung sind oder sein können. Besondere Pflege widmen wir ihnen nicht, weil sie

dem Zwecke der Forstwirthschaft: Erziehung der größten und werthvollsten Holzmasse auf gegebenem Flächenraume, nicht entsprechen; entweder weil sie zu langsam wachsen, wenig Masse erzeugen, oder weil der Zuwachs in einer, nur zu beschränktem Gebrauch geeigneten Form erfolgt, oder weil in Bezug auf technische Eigenschaften das Holz selbst von geringem Werthe ist.

Nur solche Holzarten eignen sich zum Anbau im Großen, die mit großer Massenproduktion einen hohen Gebrauchswerth in Form und Güte des Produkts verbinden. Es treten dazu aber noch andere Bedingungen. Wir fordern diese größte und werthvollste Massenproduktion nicht von der einzelnen Pflanze, sondern vom Holzbestande der Fläche. Die Geselligkeit, d. h. die Eigenthümlichkeit gewisser Holzarten, in größerer Stammzahl, im gedrängteren Stande und in reinen Beständen nebeneinander kräftig fortzuwachsen, gibt ihnen einen Vorzug, sowohl in Bezug auf Massenerzeugung der Bestände als auf Formentwickelung, vor anderen Holzarten, denen die Eigenthümlichkeit im dichten Pflanzenschlusse zu erwachsen nicht in dem Maße zusteht, wenn ihre Massen- und Wertherzeugung an der einzelnen Pflanze auch ebenso groß oder größer ist. Bei ersterer ersetzt die größere Stammzahl der Bestände reichlich den Ausfall im Zuwachse des einzelnen Baumes.

Zu der Eigenthümlichkeit einer geringen Zahl von Holzarten in gedrängtem Stande nebeneinander fortzuwachsen, muß sich ein geringerer oder höherer Grad von Unempfindlichkeit gegen wechselnde Standortsverhältnisse gesellen. Darin liegt der Begriff des Herrschens. Die Fichte und Tanne bedecken ganze Gebirge, die Kiefer große Ebenen, die Buche, die Erle, selbst die Eiche gehören noch hierher. Es würde der größten Sorgfalt nie gelingen, die Esche, die Rüster, die Lärche, den Ahorn rc. in dieser Ausdehnung zu erziehen. Wirthschaftliche Verhältnisse des in unseren Wäldern vorherrschenden, durch die Güte des in ihm erwachsenden Holzes ertragreichsten Hochwaldbetriebes, geben im Allgemeinen den reinen, geschlossenen Holzbeständen von größerer Verbreitung einen entschiedenen Vorzug.

Manche Holzarten, die in andern Ländern herrschend auftreten, wie die Birke, die Lärche in Rußland, sind es nicht für Deutschland, und selbst innerhalb der Grenzen Deutschlands finden hierin noch Unterschiede statt, z. B. für die Weißtanne, Hainbuche, Birke.

Holzarten, die für Deutschland herrschend und gesellig zugleich sind, auf die sich daher der Anbau im Großen vorzugsweise ausdehnt, gibt es nur wenige. Es sind dieß die Tanne und Fichte im Gebirge; nur im Osten in die Ebene niedersteigend, die Kiefer in der Ebene, die Buche in der Ebene bis zu den höheren Vorbergen hinauf, die Eiche und Birke in der Ebene bis zu den niederen Vorbergen, die Erle für den Moorboden.

Nächst diesen haben diejenigen Holzarten die größte forstliche Bedeutung, die zwar ebenfalls gesellig auftreten, aber wählerischer in Bezug auf Standortsbeschaffenheit sind, daher sich nie in ausgebreiteten Beständen anbauen lassen. Dahin zähle ich die Lärche, den Berg- und Spitzahorn; die Rüster, Esche, Hainbuche, Hasel kann man noch hierherziehen.

Endlich bilden eine dritte Gruppe diejenigen Holzarten, die auch in kleineren Bestandsflächen nicht gesellig, sondern überall vereinzelt in Untermengung mit anderen Holzarten auftreten, wo die Kultur nicht in die natürlichen Verhältnisse eingegriffen hat. Dahin gehören für die klimatischen Verhältnisse Deutschlands die apfel- und mandelfrüchtigen Bäume, die Linden, die Kastanie, die Weiden und Pappeln.

In diesen Verhältnissen liegt die Rechtfertigung, daß der Forstmann nicht allen Kulturpflanzen gleiche Aufmerksamkeit und Sorgfalt widmet und dadurch ist es wiederum gerechtfertigt, wenn der Forscher nicht allen Arten gleiches Studium zuwendet, wenn Wissenschaft und Literatur sich umfassender mit den forstlich wichtigeren als mit den weniger wichtigen Holzarten beschäftigen. Aus diesem Gesichtspunkte sind hauptsächlich die nachfolgenden Beschreibungen der forstlich wichtigeren Holzpflanzen zu betrachten, um so mehr, da die Grenzen dieses Werkes eine haushälterische Benutzung des Raumes fordern. Speciellere Angaben enthält mein Lehrbuch der Pflanzenkunde. Von diesem Gesichtspunkte aus habe ich auch die in der vorigen Auflage dieses Werkes gewählte Eintheilung der Kulturpflanzen in herrschende und untergeordnete Holzarten beibehalten. Man versteht unter ersteren solche, welche wildwachsend in größerer Ausdehnung reine Bestände bilden; unter untergeordneten Holzarten hingegen solche, die in der Regel nur in Untermengung mit herrschenden Hölzern, in reinen Beständen nur durch künstliche Kultur vorgefunden werden.

A. Von den herrschenden Holzarten und deren Gattungsverwandten.

Sie zerfallen in zwei natürliche Familien:

1) Nadelhölzer (Acerosae) und
2) Kätzchenblumige Bäume (Amentaceae).

Erstes Kapitel.

Die Nadelhölzer (Acerosae)

bilden eine, nicht allein durch äußere Form, sondern auch durch inneren Bau und forstliches Verhalten von den übrigen Holzpflanzen scharf geschiedene Gruppe von Waldbäumen, unterschieden durch die einkieligen, nadelförmigen, meist mehrjährigen Blätter, durch das offene, nicht zum Fruchtknoten verwachsene, entweder gar nicht oder nur durch eine Schuppe bekleidete Fruchtblatt; durch den nackten Samen; durch die Gleichförmigkeit des nicht von Holzröhren durchzogenen Holzes und durch ihren Reichthum an flüchtigen Oelen und Harzen.

Die Nadelhölzer zerfallen, wie die vorstehend mitgetheilte Synopsis nachweist, in Zapfenbäume, Cypressen und Eiben. Unter diesen sind es nur die Zapfenbäume, die, und zwar ohne Ausnahme, zu den herrschenden Forstkulturbäumen gezählt werden können. Sie unterscheiden sich von den übrigen Nadelhölzern durch die Zweizahl der hängenden Eier jedes Fruchtblattes, durch den verlängerten Blumen- und Fruchtboden und

die darauf beruhende (nur bei Thuja ähnliche) Zapfenfrucht. Mit wenigen Ausnahmen (P. Pumilio) sind es Bäume erster Größe, mit höchst regelmäßigem, gradem und walzigem, unverästeltem oder erst in höherem Alter sich in Zweige zertheilenden Schafte (Pinus), mit weichem Holze, das erst in höherem Alter durch Verharzung einen mäßig hohen Grad der Härte, Schwere, Dauer und Brennkraft erhält, die aber dem ohnerachtet zu den wichtigsten Kulturpflanzen gehören, theils durch ihre große Massenproduktion, theils durch den Gebrauchswerth des Holzes zu Bau- und Nutzholz, theils durch ihre, mehr als bei irgend einer anderen Familie der Holzpflanzen hervortretenden Eigenschaften der Geselligkeit und des Herrschens.

Wie die Synopsis nachweist, zerfallen die einheimischen Zapfenbäume in die Gattungen: Fichte (Picea), Tanne (Abies), Lärche (Larix) und Kiefer (Pinus). Die letzte Gattung unterschieden vor allen Uebrigen durch die, nur an der einjährigen Pflanze einfachen, später überall büschelständigen, mehrjährigen Nadeln, durch die unter der Spitze verdickten Schuppen der Zapfen und den im höheren Alter zur schirmförmigen Krone verästelten Schaft. Larix unterschieden durch die sommergrünen, an den jährigen Trieben einfachen, an den älteren Trieben büschelständigen scheidelosen Nadeln und die kleinen eiförmigen Zapfen mit nicht verdickter Schuppenspitze. Abies und Picea mit überall einzelnständigen mehrjährigen Nadeln, die bei Abies platt- und schwertförmig, bei Picea walzig-vierkantig sind. Picea mit hängenden Zapfen und bleibender Zapfenschuppe; Abies mit aufgerichteten Zapfen, deren Schuppen mit dem Samen gleichzeitig und früher als die Spindel abfallen.

1. Die Fichte, Picea excelsa Lam. (Pinus Abies Linn. Pinus Picea du Roi), auch Rothtanne, Harztanne, Pechtanne genannt.

Blüthezeit: Ende Mai, die weiblichen Blüthen sind schon im Herbste erkennbar.

Frucht reift im Oktober desselben Jahres; der Same fliegt aber erst im kommenden Frühjahre aus.[1] Kränkelnde Fichten tragen schon sehr früh

[1] Mehrere der, in die specielle Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen einschlagenden Gegenstände sind, der leichteren Uebersicht, theils der Beziehungen wegen, in denen sie zu wirthschaftlichen Verhältnissen stehen, in anderen Theilen dieses Lehrbuches aufgeführt. Dahin gehören:

1) Verhalten der verschiedenen Holzarten zum Klima und zur Lage Bd. I. S. 44; zum Boden Bd. I. S. 117.
2) Eigenthümlichkeiten und abweichendes Verhalten der verschiedenen Holzarten in Bezug auf: Erziehung durch natürliche Besamung, durch Saatkultur, und zwar: Gewinnung und Aufbewahrung des Samens, Samenmenge und Aussaat, Nachzucht im Mittel- und Niederwald, Schirmflächengröße und Beschattung des Oberholzes im Mittelwald, Empfindlichkeit des Unterholzes gegen Beschattung, Erziehung in gemengten Beständen, Bestandswechsel, Erziehung in verschiedenen Betriebsarten, Umtriebszeiten, unter verschiedenen Standorts- und Consumtionsverhältnissen, Durchforstung S. Bd. II.
3) Massenerträge Bd. I. S. 111, Bd. III.
4) Brennstoffertragswerthe Bd. III.
5) Formzahlen Bd. III.

Zapfen; der darin enthaltene Same ist aber taub. Die Fortpflanzungsfähigkeit der Bestände tritt selten vor dem 60. Jahre, bei starkem Schluß und in rauhem Klima viel später ein. Unter günstigen Verhältnissen kann man alle 4—5 Jahre auf reichlichen Samen rechnen.

Der Same verbreitet sich weit vom Stamme, verträgt keine starke Decke, fordert aber wunden Boden. Er erhält sich, sorgfältig aufbewahrt, 3—4 Jahre und länger keimfähig; aus älterem Samen erzogene Pflänzchen sind aber schwächlich und gehen bei der geringsten Widerwärtigkeit, wenn sie diese in den ersten Jahren betrifft, ein. Der Same geht 5—6 Wochen nach der Frühjahrssaat auf.

Die junge Pflanze bleibt im ersten Jahre klein; das Stämmchen wird selten über 3 Zoll lang, die Wurzel zertheilt sich gleich unter dem Wurzelstock in mehrere Herzwurzeln, die mitunter in doppelter Länge des Stammes und vielfach verästelt in die Tiefe dringen. Mitunter ist nur ein Herzwurzelstrang vorhanden, und dann scheint es, als sei eine Pfahlwurzel da, wenn man den plötzlichen Abfall in der Dicke vom Wurzelstocke aus außer Acht läßt. Im zweiten und den folgenden Jahren entwickelt sich in der oberen Bodenschicht ein starker Wurzelfilz; später gewinnen die Seitenwurzeln das Uebergewicht und die Herzwurzeln bleiben im Wuchse zurück. Bis zum fünfzehnten bis zwanzigsten Jahre ist der Wuchs des Stammes sehr langsam, besonders in den durch Büschelpflanzung erzeugten Beständen. Von da ab steigt er beträchtlich bis zum vierzigsten Jahre und hält dann bis über das hundertste Jahr hinaus ziemlich gleichförmig aus. Beschattung verträgt die Fichte in den ersten Jahren mehr als die Kiefer, weniger als die Tanne, erholt sich auch leichter als die Kiefer von den nachtheiligen Folgen zu starker Beschattung.

Der Stamm, im Schluß erwachsen, wird so lang, daß keine andere Holzart der Fichte hierin gleich kommt. Er bildet einen graden, runden und vollholzigen Schaft, der sich nie in Aeste vertheilt. Im Freien wird der Stamm zwar ebenfalls hoch, aber sehr abholzig und reinigt sich gar nicht von Aesten, die mit zunehmender Länge bei der stets geringen Stärke endlich sich herabsenken. In geschlossenen hundertjährigen Beständen kann man 80 bis 85 Proc. Stammholzmasse annehmen.

Die Krone ist selbst im hohen Alter noch pyramidenförmig, wenig verbreitet und enthält größtentheils nur schwache Aeste unter 8 Centm., und Reiser, im Ganzen selten mehr als 8—10 Proc., worunter 2—3 Proc. Astholz über 8 Centm. Das Astholz freistehender Bäume zeichnet sich durch seine Zähigkeit, Harzreichthum und längere Dauer aus.

Die Belaubung ist reicher und in höherem Maße beschattend als

6) Gebrauchswerth als Bau- und Werkholz nach Form, Dauer, Härte rc. Bd. III.
7) Schwere des Holzes Bd. III.
8) Brennkraft, roh und verkohlt, Kohlenausbringen Bd. III.
9) Kohlen-, Theer-, Säureausbringen durch trockene Destillation Bd. III.
10) Aschegehalt Bd. III.
11) Gehalt an Gerbstoff und Gallussäure Bd. III.
12) Gehalt an Oelen, Harzen, Säuren, Salzen, Färbestoffen rc. Bd. III.
13) Feinde Bd. II.
14) Krankheiten Bd. II.

die der Kiefer, wegen der sehr dicht stehenden Nadeln und der schirmförmigen Stellung der Zweige. Die Blattmenge dürfte nicht größer sein als bei der Kiefer, aber die Nadel ist kerniger, so daß die Fichte den Boden mindestens in gleichem Maße wie die Kiefer verbessert.

Die Bewurzelung ist flach ausstreichend und sehr bedeutend, so daß man beim Hieb der Stämme aus der Pfanne 15 bis 20 Proc., bei 1fußiger Stockhöhe 20—25 Proc., bei 2fußiger Stockhöhe 25—30 Proc. der gesammten Holzmasse an Stockholz erhält.

Betrieb: nur im Hochwalde: in sehr rauhem Klima plänterweise. Für Brennholzerzeugung ist der hundertjährige Umtrieb der ertragreichste, doch läßt er sich, ohne Verlust, zur Erziehung stärkerer Bauhölzer und auf gutem Boden bis in das hundertzwanzigste Jahr, im rauhen Klima noch darüber, ausdehnen.

Fortpflanzung: In der Ebene und überall, wo vom Windbruch nicht viel zu fürchten ist, durch Samenschläge. An sehr exponirten Orten kahler Abtrieb und Anbau aus der Hand, wobei platzweise Saaten- und Büschelpflanzungen aus Pflanzkämpen am gebräuchlichsten sind. Bei der Büschelpflanzung beachte man das, was ich in der Lehre vom Boden (Thonerde) über eine hierselbst beobachtete Krankheit der Fichtenbüschel auf sehr bindendem Boden gesagt habe. Die Fichtenpflanzung drei- bis vierjähriger Stämmchen liefert einen sicherern Erfolg als die Saaten, da die Saaten im Freien bis zu diesem Alter vielen Gefahren unterworfen sind.

Benutzung: Ausgezeichnet wegen ihrer Form zu Bauholz, wenn gleich die Kiefer von längerer Dauer; weniger zu Werkholz wegen der großen Menge nicht verwachsender Aeste (Hornäste). Die langen Aeste alter freistehender Fichten geben ein treffliches Material zu Flechtzäunen. Als Brennholz ist die Fichte von geringerem Werthe als die Kiefer und Lärche, verhältnißmäßig besser ist sie als Kohlholz, und besonders das Stockholz der Fichte liefert gute, für den Hüttenbetrieb sehr geeignete Kohlen. Das Harz der Säfte wird durch Harzscharren gewonnen, und wird fast nur diese Holzart hierzu benutzt. Die Rinde wird von den Gerbern besonders zur Schärfung der Treibfarben benutzt. Die Nadeln junger Triebe sollen hier und da als Schaffutter verwendet werden.

Beschützung: Die junge Fichte leidet bis zum dritten und vierten Jahre sehr unter Graswuchs und Dürre, daher man sie meist in Saatkämpen erzieht und erst in jenem Alter ins Freie verpflanzt. In Stangenorten schadet das Rothwild durch Schälen der Stämme, die in Folge dessen später sehr leicht von Schnee und Duftanhang gebrochen werden. Besonders in Gebirgsforsten, wo wegen hohen und lange liegenden Schnees das Wildpret aus Mangel an Aesung hierzu getrieben wird, ist dieß Uebel häufig von der größten Ausdehnung. Der häufige Schneebruch in unseren Fichtenbeständen des Harzes hat nur theilweise seinen Grund in der ungleichen Astentwickelung der in Büscheln aufgewachsenen Pflanzen. Im höheren Alter leidet die Rothtanne bei dem exponirten Standort im Gebirge häufig von Stürmen. Das Rindvieh thut selbst in jungen Orten wenig Schaden, mehr die Schafe. Ueber die Insekten der Fichte habe ich im dritten Bande ausführlich gesprochen.[1]

[1] Die in den früheren Auflagen hierher gestellten Angaben über Gewichtgrößen und Brennwerthe habe ich im zweiten Bande (Forstbenutzung) zusammengestellt.

2. Die Tanne, Abies pectinata Dec. (Pinus Picea Linn., Pinus Abies du Roi), auch Weißtanne, Silbertanne, Edeltanne genannt.

Die weibliche Blüthe entfaltet sich im Mai aus Blüthenknospen, die schon im Winter erkennbar sind, aber fast nur in den äußersten Zweigen der Baumgipfel entstehen.[1]

Die Frucht reift Ende September oder Anfang Oktober, und der Same fällt dann in wenigen Tagen mit den Zapfenschuppen zugleich und früher als die Spindel vom Baume, daher man beim Sammeln des Samens den richtigen Zeitpunkt genau beobachten muß. Im Schlusse erwachsen, werden die Tannen gewöhnlich erst mit dem sechzigsten bis siebzigsten Jahre fortpflanzungsfähig, die Samenjahre kehren in etwas längeren Zeiträumen wieder, als die der Fichte.

Der Same verbreitet sich wegen seiner Schwere weniger weit als der der Fichte, gewöhnlich nicht über 10—15 Schritte vom Mutterbaume. Sorgfältig aufbewahrt hält er sich zwar bis zum kommenden Frühjahre, ist aber sehr dem Verderben ausgesetzt und soll besonders weiten Transport nicht gut vertragen. Der Same keimt 5—6 Wochen nach der Aussaat im Frühjahr.

Die junge Pflanze bleibt in den ersten Jahren sehr klein, so daß sie im sechsten bis achten Jahre meist nicht über $1/3$ Meter hoch ist, und mehr in die Seitenäste als in die Höhe wächst. Erst vom zwanzigsten Jahre ab steigt der Zuwachs bedeutend und hält dann bis ins hohe Alter gleichmäßig aus. Sie verlangt starke Beschattung, ist sehr empfindlich gegen Graswuchs und Dürre, so daß sie wie die junge Buche im Schutz der Mutterbäume zu erziehen ist. Sie ist ferner sehr brüchig, weßhalb die Aushiebe mit großer Sorgfalt geführt werden müssen, geht aber nicht so leicht durch Verdämmung, Verbeißen und andere Verletzungen ein, sondern entwickelt Seitenknospen zu neuen Trieben.

Der Stamm ist regelmäßig und sehr vollholzig, erreicht die Höhe des Fichtenstammes, übertrifft diesen aber in der Dicke.

Die Krone ist, wie die der Fichte, in ihren äußeren Umrissen pyramidal, aber nicht wie dort aus aufgerichteten, später hängenden, sondern von frühester Jugend bis zum höchsten Alter aus fast rechtwinklig vom Stamme ablaufenden Aesten zusammengesetzt, wodurch der Baum schon in weiter Ferne sich erkennbar macht. Nach Abzug einiger Procente für die

[1] Die Tanne hat dieß mit der Fichte und Kiefer gemein und erwächst daraus eine harte Nuß für die Vertheidiger universalmaterialistischer Anschauungsweise. Um die Befruchtung zu vollziehen, muß der Blumenstaub dieser Nadelholzgattungen in der Luft emporsteigen. Es geschieht das dadurch, daß wenige Wochen vor der Reife das Pollenkorn auf jeder Seite die Oberhaut desselben zu einer großen Blase sich abhebt, die sich mit Wassergas füllt. Dadurch wird das Pollenkorn leichter als die atmosphärische Luft und kann nur in dieser wie ein Ballon unter Mithülfe des aufsteigenden Luftstroms zur weiblichen Blüthe emporsteigen. Dem Pollen der Hainlacktanne, der Lärche, bei denen männliche und weibliche Blumen auf demselben Zweige vereint sind, wie überhaupt jedem anderen unter den mir bekannten Pollenarten fehlt diese überhaupt ganz vereinzelt dastehende Blasenbildung. Es ist schwer, sich in diesem und ähnlichen Fällen der zur Zeit in der Wissenschaft verpönten teleologischen Betrachtungen zu entschlagen. (Vergl. S. 125.)

größere Wurzelholzmasse ist das Verhältniß der Ast-, Reiser- und Stammholzmasse gleich dem der Fichte zu setzen.

Die Belaubung ist in Folge der breiteren Blätter und der schirmförmigen Stellung dieser und der Zweige sehr beschattend, dürfte der Buche wenig nachstehen. Die Weißtanne verbessert den Boden in demselben Maße wie Fichte und Kiefer.

Die Bewurzelung ist weniger ausgebreitet und weniger flach als die der Fichte; zwar fehlt eine tiefe Pfahlwurzel, der Wurzelstock spaltet sich aber in mehrere starkästige, in die Tiefe dringende Herzwurzeln. Daher ist die Rodung schwieriger und auf steinigem Boden erhält man weniger Wurzelholz, als von der Fichte, obgleich die unterirdische Holzmasse eine größere ist.

Betrieb: im Hochwalde; verträgt noch am besten plänterweise Bewirthschaftung. Umtrieb in der Regel hundertzwanzigjährig, läßt sich jedoch mit Vortheil auf den hundertundvierzigjährigen ausdehnen.

Fortpflanzung: Durch Dunkelschläge, im Allgemeinen nach den Regeln der Rothbuchen Verjüngung; wegen der Brüchigkeit der jungen Pflanze wird jedoch der Abtriebsschlag früher geführt; im Schwarzwalde, wo die Weißtanne vorzugsweise zu Hause ist, wird nach Gwinners Mittheilungen der Hieb in die Saftzeit bis zum August hin verschoben, um Insektenbeschädigungen, besonders dem Anfall der Nutzstämme von Bostr. lineatus vorzubeugen. Zum Anbau werden die Pflanzen meist in geschützten Pflanzkämpen erzogen, und in 3—5 Jahren womöglich mit dem Pflanzbohrer oder doch mit dem Ballen verpflanzt.

Benutzung: Durch seine Form ist der Stamm zu Bauholz sehr geeignet, doch von noch geringerer Dauer als das Fichtenholz. Starke Stämme sind zu Hammer- und Mühlwellen gesucht. Besser ist das weiße, fein und gleichfaserige Holz zu Tischlerarbeiten, Spalt- und Schnitznutzholz. Auch als Brennholz und Kohlholz steht die Weißtanne der Rothtanne etwas nach, und es ist nicht abzusehen, weßhalb bei der Schwierigkeit der Bewirthschaftung erstere vor der letzteren zu begünstigen sein sollte, wo nicht Zwecke der Bodenbeschützung oder des Anbaues gegen Sturmschaden vorliegen. Aus Rindebeulen wird Terpentin gewonnen.

Beschützung: Die junge Weißtanne ist äußerst empfindlich gegen starke Lichteinwirkung, Temperaturwechsel, Dürre, Spätfröste, Graswuchs und nur mit großer Sorgfalt zu erziehen; auch wird sie mehr als die übrigen Nadelhölzer von Wild und Vieh verbissen.

3. Die Lärche, Larix europaea Dec. (Pinus Larix Linn.)

Wir haben nur eine Art dieser Nadelholzgattung in unseren Wäldern, und auch diese findet sich nicht einheimisch, sondern hier und da in Folge künstlichen Anbaues.

Die Blüthe erscheint Ende April, gleichzeitig mit den Blättern, aus den dicken Seitenknospen der zwei- und dreijährigen Triebe. Die männliche Blütheknospe kann man schon im Winter an der runden Form und an der bis in die Spitze gehenden braunen Beschuppung erkennen; die weib-

liche Blütheknospe hingegen unterscheidet sich äußerlich nicht von den dicken Blattknospen.

Die Frucht reift im Oktober, fliegt aber erst im kommenden Frühjahre aus den hängenbleibenden Zäpfchen. Man pflückt sie nicht eher, als bis sie einen starken Frost gehabt haben, worauf sie sich leichter als ohne dieß öffnen. Siehe Bd. II. Die Lärche trägt oft und viel Samen, acht- bis zehnjährige Pflanzen sind oft voller Zapfen, deren Same aber taub ist.

Der Same ist äußerst empfindlich für eine richtige Bedeckung, die sehr gering sein muß. Bei den in hiesigem Forstgarten gemachten Ansaaten zeigte sich dieß sehr auffallend darin, daß auf einem Saatbeete eine und die andere Rille voller Pflanzen stand, während sich auf der benachbarten mitunter nur einzelne Pflänzchen zeigten. Der Same keimt vier bis fünf Wochen nach der Frühjahrssaat.

Die junge Pflanze unterscheidet sich schon im Samenkorne sehr auffallend von den übrigen Nadelhölzern dadurch, daß sie nur zwei bis drei einander gegenüber stehende Keimblätter hat, während die übrigen Zapfenbäume deren vier bis sechs zeigen. Sie übertrifft im Wuchse des ersten Jahres alle übrigen Nadelhölzer, erreicht nicht selten eine Höhe von 14 bis 16 Centim. Noch tiefer dringt sie schon im ersten Jahre mit mehreren Herzwurzeln in den Boden, bildet aber auch in der Oberfläche eine reiche Bewurzelung aus. Starken Wuchs behält sie bis ins dreißigste bis fünfunddreißigste Jahr, dann verringert er sich um etwas bis ins fünfzigste Jahr, von da ab sinkt er bedeutend. Ein fünfzigjähriger 4 Hektar großer Lärchenort eines unserer Harzforste (Hüttenrode) enthielt auf dem Braunschweiger Waldmorgen 210 Cubikm. Raum; mithin ohne die Durchforstungen über 4 Cubikm. Durchschnittszuwachs! Gegen Beschattung ist die junge Lärche empfindlich und wächst besser in lichten Orten und in Untermengung mit andern Hölzern als im Schlusse.

Der Stamm ist, selbst im Schlusse erwachsen, nicht so vollholzig als der der übrigen Nadelhölzer, aber regelmäßig abgerundet. Im Gebirge, in exponirter Lage, ist er häufig vom herrschenden Windstriche etwas gedrückt und selbst gebogen. Dieß zeigt sich besonders auf bindendem Boden in exponirter Lage. Auf sehr bindendem Boden dringt die Pfahlwurzel so wenig in die Tiefe, daß viele Stämme eines geschlossenen mehr als 7 Meter hohen Bestandes in meinem Forstgarten mit der Hand aus dem Boden gezogen werden konnten. Werden solche Orte in der Jugend vom Wind oder Schneeanhang gedrückt und nehmen die späteren Triebe den senkrechten Wuchs wieder an, so entsteht die bei Nutzholzverwendung sehr nachtheilige säbelförmige Krümmung des Stammendes. Der Stamm reinigt sich auch im freien Stande auf 8—10 Meter von Aesten, und bildet einen im Verhältniß zur Stärke sehr langen Schaft. Die Stammholzmasse 50jähriger, im Schluß erwachsener Bestände kann auf 76 bis 78 Proc. angesetzt werden.

Die Krone ist pyramidal, wenig verbreitet und schwachästig, so daß man den Ast- und Reiserholzertrag nicht höher als 6—8 Proc. ansetzen darf.

Die Belaubung ist sehr licht und wenig verdämmend, so daß sie aus diesem Grunde, und wegen ihres auch im Freien sich von Aesten

reinigenden Schaftes zum Anbau im Mittelwalde als Oberholz empfohlen worden ist. Den Boden bessert die Lärche weniger als die übrigen Nadelhölzer, nicht in Folge geringeren jährlichen Laubabfalles, der in der That so groß, wenn nicht größer als bei den übrigen Nadelhölzern ist, sondern in Folge geringeren Bodenschutzes und rascherer Zersetzung der dünneren Nadeln.

Die Bewurzelung ist in der Jugend tief, vom 30sten Jahre ab bilden sich die Seitenwurzeln mehr aus. Eine eigentliche Pfahlwurzel hat die Lärche nie, wohl aber starke Herzwurzeln, die tief in den Boden eingehen, und deßhalb schwierig zu gewinnen sind, so daß man die benutzbare Stockholzmenge nicht über 12—15 Proc. ansetzen kann.

Betrieb im Hochwalde, auch im Mittelwalde als Oberholz. Die Lärche eignet sich ganz vorzüglich zum Anbau solcher Räumden in Schonorten, deren Bestand schon zu einem höheren Alter und beträchtlicher Höhe herangewachsen ist. In lückigen Buchenorten, wie solche noch häufig im 30—40jährigen Alter sich vorfinden, kann dann die Lärche mit der Buche gleichzeitig zum Abtriebe kommen, ohne daß man genöthigt wird, zu junges Holz in Hieb zu bringen. Einen höher als 60jährigen Umtrieb würde ich der Lärche nicht geben, und diese während der meist 120jährigen Umtriebszeit der übrigen Nadelhölzer zweimal zum Abtriebe ziehen. In Untermengung mit anderen Nadelhölzern hält sie den 100- bis 120jährigen Umtrieb recht gut aus.

Fortpflanzung. Wegen des meist noch theuren Samens wird die Lärche größtentheils in Pflanzkämpen erzogen, und im 3—4ten Jahre ins Freie verpflanzt. Bis dahin läßt sie sich recht gut mit entblößten Wurzeln verpflanzen, später fordert sie einen Ballen.

Benutzung. In der Dauer steht das Lärchenholz allen Nadelhölzern voran, und gibt bei großer Schaftlänge ein sehr gutes Bauholz, jedoch nur in schwächeren Sortimenten. Sehr gesucht ist es zum Schiffbau und zum Bergbau. Als Feuerungsholz wenig beliebt durch Gasbildung beim Erwärmen und das daraus hervorgehende Prasseln und Fortspringen der Kohlen. Ebenso als Kohlholz wenig geachtet. Durch Abzapfen wird von der Lärche der venetianische Terpentin gewonnen.

Beschützung. Widrige Naturereignisse haben, selbst im ersten Jahre, wenig Einfluß auf das Gedeihen der Lärche; der im Winter laublose Stamm leidet wenig von Schneedruck und Sturm, die tiefe Bewurzelung hindert die nachtheiligen Einflüsse der Dürre, so daß sie eigentlich nur durch Verbeißen vom Wild und Rindvieh beschädigt wird. Auf flachem Boden über Fels oder Thonlager werden die Stämme häufig vom Winde gedrückt und dann am Stammende säbelkrumm. Seit 1845 leidet die Lärche an einer Krebskrankheit in solcher Verbreitung, daß die Rathsamkeit ihres Anbaues dadurch zweifelhaft wird. Ueber die Insekten der Lärche vergl. Bd. III.

4. Die Kiefer, Pinus.

Wir haben in Deutschland fünf verschiedene Arten dieser Gattung: die gemeine Föhre, Legföhre, Schwarzföhre, die Zirbelkiefer und die Weymuth-

kiefer. Die ersteren drei Arten unterscheiden sich von den beiden letzten durch die Zahl der von einer Scheide umschlossenen Nadeln, welche dort 2, hier 5 ist. Unter den zweiblättrigen Kiefern unterscheidet sich die gemeine Kiefer durch ihre gestielten, abwärts oder zur Seite gebogenen, zur Reifezeit grauen, bei der Schwarzföhre strohgelben Zapfen, von der Schwarzföhre außerdem durch bedeutend kleinere, zugespitztere Zapfen und durch kürzere, heller grüne, kürzer gescheidete Nadeln, welche dort schwarzgrün sind, so wie durch den braungrauen kleineren Samen, welcher bei der Schwarzföhre schwarzgrau und schwarz marmorirt ist. Die Legföhre unterscheidet sich von der gemeinen und Schwarzföhre nicht allein durch die an Seitentrieben häufig fehlenden Quirlknospen, durch den oft gekrümmten strauchartigen Wuchs, sondern auch durch den Samen, dessen Flügel nicht über die doppelte Länge des Samenkorns messen; außerdem durch einen schwarzen Ring um den Nabel der Apophyse des bis kurz vor der Reife aufgerichteten Zapfens. Unter den fünfblättrigen Kiefern unterscheidet sich die Zirbelkiefer von der Weymuthkiefer nicht allein durch die dicken eiförmigen Zapfen und die großen, nur mit einem Flügelrande umgebenen Samenkörner, sondern auch durch die mit rothem Wollhaar filzig bekleideten jungen Triebe.

a. Die gemeine Kiefer, Pinus (Pinaster)[1] sylvestris Linn., auch Föhre, Kiehne, Fichte genannt.

Die Blüthen erscheinen im Mai, und der gelbe männliche Samenstaub wird mitunter in so ungeheurer Menge ausgestreut, daß er Veranlassung zur Sage vom Schwefelregen gegeben hat. Die rothen weiblichen Blüthekätzchen an der Spitze der jungen Triebe stehen anfangs aufgerichtet, neigen sich aber schon nach 8—10 Tagen zur Seite.

Die Frucht erreicht im ersten Jahre die Größe einer kleinen Wallnuß, wächst im kommenden Sommer vollständig aus, reift im Oktober; die Zapfen öffnen sich aber erst im März oder April des folgenden Frühjahres, also 22—23 Monate nach der Blüthe und streuen den Samen aus. Diese lange Dauer der Fruchtbildung ist allen Kieferarten eigen, den Tannen und Lärchen hingegen nicht. Freistehende Kiefern tragen schon sehr früh tauglichen Samen in Menge, oft schon mit dem 15ten Jahre. In geschlossenen Orten tritt die Mannbarkeit mit dem 50sten bis 60sten Jahre ein, etwas später auf feuchtem fruchtbarem Boden als im trocknen Sande. Ebenso nach Verschiedenheit des Bodens und der Bestände kann man alle 3—5 Jahre

[1] Die Kiefern mit zwei Nadeln aus einer Scheide werden in neuerer Zeit mit dem Gattungsnamen Pinaster unterschieden von den Kiefern mit drei Nadeln aus einer Scheide, die den Gattungsnamen Taeda erhalten. Diese Vermehrung der Gattungsnamen ist bei den Forstleuten im Allgemeinen nicht beliebt und sie haben von ihrem Standpunkte aus Recht. Anders verhält sich das vom Standpunkte des Botanikers aus, der mit weit größeren Artmengen derselben Gattung zu schaffen hat; wenn aber in derselben Gruppe wie hier 20 zweinadlige Kiefern 25 dreinadligen gegenüberstehen, dann ist deren Sonderung in Gruppen sehr gerechtfertigt und es erleichtert den Umgang, wenn jede Gruppe ihren Eigennamen erhält, denn der Name ist gewissermaßen der Henkel, die Handhabe zum Gebrauch der Sache. Wir Forstleute, die wir als solche mit gar keinen dreinadligen und mit einer geringen Zahl zweinadliger Kiefern in Berührung kommen, mögen bei dem Gattungsnamen Pinus beharren, wenn wir es nicht für zweckmäßiger halten, mit der wissenschaftlichen Nomenclatur fortzuschreiten.

auf ein reichliches Samenjahr rechnen; manche Orte tragen fast jährlich Samen.

Der Same verbreitet sich 30 bis 40 Schritte und weiter vom Mutterstamme, je nachdem die Bäume langschäftiger sind und die Luft unruhiger ist. Wenn der Boden nicht allzufilzig verangert ist, bedarf der Same nicht nothwendig einer Verwundung des Bodens und einer Bedeckung, die aber allerdings das Gedeihen der Samenschläge sehr fördert. Der Same hält sich 2—3 Jahre keimfähig, keimt 4—6 Wochen nach der Aussaat im Frühjahre; von älterem Samen kommen viele Pflanzen erst im folgenden Frühjahre zum Vorschein.

Die junge Pflanze bleibt im ersten Jahre sehr klein, wird selten über 2 Zoll lang, wohingegen sie eine grade Pfahlwurzel, die sie auch später behält, in doppelter bis dreifacher Länge senkrecht in den Boden schickt. Die Kiefer macht sich daher früh von der Feuchtigkeit der obersten Bodenschicht unabhängig, indem sie das Wasser aus der Tiefe heraufzieht, leidet daher auch weniger als die übrigen Nadelhölzer unter Trockniß. In den ersten Jahren erträgt die Kiefer mäßige Beschattung, verlangt aber schon mit dem 3ten bis 4ten Jahre ungehinderte Lichteinwirkung, bedarf der Beschattung übrigens gar nicht. Der Hauptwuchs liegt in den früheren Altersperioden, steigt beträchtlich bis zum 50sten Jahre und hält von da ab bis zum 80sten, auf gutem Boden bis zum 100sten Jahre ziemlich gleichmäßig aus.

Der Stamm wächst im Freien sehr sperrig, reinigt sich in geringer Höhe und bildet weit hinausragende Aeste von größerer Stärke, als den übrigen Nadelhölzern eigen ist. Im Schlusse ist der Stamm gerade, rund, aber weniger vollholzig als der der Fichte, so daß im 120jährigen Alter eine Stärke von 40—50 Cent. auf 15 Mtr. Höhe schon zu den Ausnahmen gehört. In 120jährigen geschlossenen Beständen kann man die Stammholzmasse auf 72—75 Proc. ansetzen.

Die Krone enthält mehr und stärkere Aeste, als die der übrigen Nadelhölzer, ist bis zum 80sten Jahre pyramidal mit vorherrschendem Längentrieb, dann wird durch Zurückbleiben des Mittelwuchses und fortgesetzte Verlängerung der Seitenäste die Krone schirmförmig. Die Ast- und Reisermenge läßt sich nach Verschiedenheit des Schlusses auf 8—12 Proc. der ganzen Holzmasse ansetzen, worunter 2—4 Proc. Reiserholz stecken.

Die Belaubung, trotz der den übrigen Nadelhölzern nicht nachstehenden Blattmenge, beschattet dennoch in Folge der günstigern, nicht schirmförmigen Stellung des Laubes, nächst der Lärche am wenigsten. Der Bodenbesserung ist die Kiefer in hohem Grade förderlich.

Bewurzelung: Schon vom ersten Jahre ab treibt die Kiefer eine tiefe Pfahlwurzel, die sich meist bis ins hohe Alter vorherrschend erhält; in den ersten Jahren ist die Entwicklung der Seitenwurzeln sehr gering; erst mit dem 20sten bis 25sten Jahre bilden sie sich stärker heraus, sind aber stets sehr abholzig und verästeln sich bald in dünne Stränge, die auf schlechtem Sandboden in Fingersdicke, oft 30—40 Schritt weit, dicht unter der Erde ausstreichen. Die Wurzelmenge auf mittelmäßigem Boden kann auf 15—20 Proc. der Gesammtmasse angesetzt werden.

Betrieb nur im Hochwalde und schlagweise, da sich die Kiefer wegen

ihrer Empfindlichkeit gegen Beschattung und ihres schlechten Wuchses außer Schluß nicht für die plänterweise Bewirthschaftung eignet. Man kann ohne Verlust an Masse mit dem Umtriebe bis auf 40 Jahre zurückgehen, wird aber wegen der schlechten Beschaffenheit des jungen Holzes ohne Verluste im Geldertrage selten unter den 100jährigen Umtrieb hinabgehen dürfen. Der 120jährige Umtrieb ist der gewöhnlichere zur Bau- und Nutzholzerzeugung auf gutem Boden.

Fortpflanzung: durch Samenschläge bei ziemlicher Willkür in der Behandlung, wenn man nur dafür sorgt, daß die Fläche hinlänglich bestreut wird und die jungen Pflanzen bald gehörige Lichteinwirkung bekommen, leicht und sicher zu bewirken. Trotz dem, daß die Kiefer ganz im Freien erzogen werden kann und in Menge erzogen wird, muß man doch den in Schlägen erfolgten Wiederwuchs nicht zu plötzlich frei stellen, da derselbe durch den Schutz der Mutterbäume verweichlicht wird. [1] Der Anbau wird größtentheils durch Saat bewirkt, da sich die junge Pflanze wegen der starken Pfahlwurzel und der wenigen Seitenwurzeln schwer und nur bis zum dritten Jahre mit Erfolg versetzen läßt. Auf schlechtem Sandboden, den die Kiefer häufig einnimmt, dürfen keine dichte Saatkulturen gemacht werden, sondern man muß jeder einzelnen Pflanze durch unbehinderten freien Wuchs die größtmöglichste Blattmenge zu verschaffen suchen, um dieselbe von der Bodenfruchtbarkeit möglichst unabhängig zu machen.

Benutzung: ausgezeichnet als Bauholz wegen der langen Dauer des älteren harzreichen Holzes; zu Masten wird es allen übrigen Nadelhölzern, mit Ausschluß der Lärche, vorgezogen. Wegen seiner Reinheit von Aesten ist es sehr geschätzt als Schnittnutzholz; die unteren Stammtheile zu Spalthölzern, besonders zu Kalk- und Salztonnenhölzern und zu Schindeln. Das Stangenholz zu Zaunmaterial, Baum-, Hopfen- und Bohnenstangen, wie zur Dachdeckung; die harzreichen Stöcke zur Theerschwellerei und zur Erleuchtung.

Beschützung. Die junge Kiefer, besonders im dichten Schlusse, leidet sehr von Duft und Schneebruch, daher sie nicht fürs Gebirge geeignet ist. Von längerer Verdämmung erholt sie sich bei der Freistellung nur scheinbar, macht zwar in den ersten Jahren gute Triebe, bleibt aber bald im Wuchse zurück und liefert nie einen guten Bestand, wenn sie auch nicht, wie gewöhnlich, ein Raub der Insekten wird. Ihre bittersten Feinde sind letztere und keine Holzart zählt so viele verheerende Insektenarten als die Kiefer, wie aus Bd. III. hervorgeht.

b. Die Schwarzkiefer, Pinus (Pinaster) Laricio Poiret. (var. austrica Hoess., nigricans Host.), österreichische Kiefer,

findet sich innerhalb der Grenzen Deutschlands, wild in Beständen nur in Niederösterreich, angebaut auch in Norddeutschland, und unterscheidet sich, außer dem bereits Angeführten, von der gemeinen Kiefer besonders durch ihr Standortsbedürfniß, indem sie nicht mit so geringen Graden der Bodenfeuchtigkeit als jene vorlieb nimmt, überhaupt aber einen fruchtbarern bindendern Boden und sonnigere Lage fordert, besonders auf Kalkgebirgen

[1] Das ist der übliche Ausdruck, für den uns ein rechtes Verständniß noch fehlt.

kräftig vegetirt. Nässe soll ihr eben so nachtheilig sein, als Trockenheit. Die Wurzeln sollen nicht so tief in den lockern Boden, dahingegen tiefer in Felsspalten eindringen und den Stamm in höherem Maße befestigen, so daß derselbe auch im Gebirge den stärksten Stürmen Widerstand zu leisten vermag; sie soll, nach Feistmantel, in der Jugend weniger rasch wachsen, ihr Hauptwuchs zwischen dem 30sten und 50sten Jahre liegen, und schon mit dem 70sten Jahre eine bedeutende Verringerung des Zuwachses und Lichtstellung der Bestände erfolgen. Nach Höß (Monographie der Schwarzföhre. Wien 1831.) verhält sich dieß anders: dem 100—120jährigen Umtrieb wird dort ein größerer Ertrag zugeschrieben als dem 80jährigen. Die Schwarzföhre zeichnet sich ferner durch eine sehr reiche Belaubung und Bodenbesserung, so wie durch größeren Harzreichthum aus, womit dann natürlich eine größere Brennkraft und Dauer verbunden ist. Das Gewicht des Kubikfußes gibt Feistmantel in allen Zuständen um 2 Pfund höher an, als das der gemeinen Kiefer.

c. Die Legföhre, Pinus Pumilio Haenke (Mughus Scop.), auch Krummholzkiefer, Knieholz, Alpenkiefer genannt.

Sie unterscheidet sich von allen übrigen Kiefern constant darin: daß die Blüthe und die daraus erwachsenden Zapfen bis zwei Monate vor der Reife aufgerichtet sind, ferner durch einen schwarzen Ring um den Nabel jedes Zapfenschuppens. In der Bildung der Apophysen treten dann wesentliche Verschiedenheiten auf, die auf derselben Pflanze und in jedem Jahre dieselben sind. a) Alle Apophysen der unteren Zapfenhälfte sind pyramidal erhaben und etwas, aber nicht bedeutend nach der Zapfenbasis hin zurückgekrümmt (Pumilio). b) Nur die dem Lichte zugekehrten Apophysen der unteren Zapfenhälfte sind konisch erweitert und sehr stark zurückgekrümmt (uncinata). c) Alle Apophysen, auch die der untern Zapfenhälfte sind gleichförmig fast eben (Mughus). Außerdem kommen noch andere, auf derselben Pflanze constante, Obigem untergeordnete Zapfenabänderungen vor, deren ich im Ganzen gegen 80 unterschieden und getrennt zur Aussaat gebracht habe. Nach 6—8 Jahren werden die früh zapfentragenden, jetzt zweijährigen, getrennt zu erhaltenden Pflanzen ergeben, welche Bedeutung den so außergewöhnlich großen Zapfenunterschieden beizulegen ist.

Aussaat des Samens von derselben Pflanze ergibt Pflanzen von sehr verschiedenem Wuchse. Am seltensten sind die der gemeinen Kiefer sehr nahe stehenden, einstämmigen, grade aufgerichteten Formen. Häufiger sind pyramidale Formen, bei denen der aufgerichtete Schafttrieb den Vorsprung vor den Quirlästen zwar noch behält, letztere aber schon von unten auf so kräftig sich fortbilden, daß ein pyramidaler Strauch daraus hervorgeht. Durch viele leise Uebergänge, in denen der Schafttrieb immer mehr zurückbleibt, ein oder zwei Quirltriebe nahe dem Boden zu überwiegender Entwickelung gelangen, bildet sich aus dieser der eigentliche Knieholzstamm, der, $1/3$—$1/2$ Mtr. über dem Boden rechtwinklig gekniet, mehr oder weniger parallel der Bodenoberfläche verlauft und nur in den letzten 5—6 Jahrestrieben in einer entgegengesetzten Kniebeugung sich wieder aufrichtet. Ueber

das mit diesem Entwickelungsverlaufe verbundene Strecken und Beugen habe ich Seite 304 gesprochen.

Wir haben, da diese Differenzen im Wuchse auch in unseren ebenen Parkanlagen hervortreten, den Kniewuchs daher als eine individuelle Eigenschaft zu betrachten, es mag aber wohl sein, daß Schneedruck und Eisbruch im Hochgebirge ähnliche Formen auch an Pflanzen hervorzurufen vermögen, die ohne dieses einen aufgerichteten Stamm entwickelt hätten.

Die kriechenden Aeste bilden undurchdringliche Dickungen, die bis gegen das 200ste Jahr aushalten sollen. Aus dem Holze wird ein Terpentin gewonnen, der unter dem Namen Krummholzöl auch im Gedicht gefeiert ist. Das äußerst feinjährige Holz ist zu manchen Schnitzarbeiten und von Instrumentenmachern geschätzt.

d. Die Zirbelkiefer, **Pinus Cembra Linn.**, **Cembra sativa**, Arve,

ist gleichfalls ein Holz der höchsten Gebirgsregionen, und gedeiht an den Baumgrenzen da, wo keine andere Holzart mehr fortkommt; sie ist jedoch an diesen Standort nicht gebunden, sondern steigt in die Thäler hinab, und selbst in den Ebenen unseres nördlichen Deutschlands gedeiht sie recht gut; so steht z. B. ein ausgezeichnet schönes Exemplar von 40—50 Fuß Höhe im Berliner Thiergarten, kräftig wachsend und Früchte tragend. Sie fordert einen gemäßigt feuchten Boden und verträgt eher Nässe als Trockenheit. Zu den deutschen Waldbäumen kann man sie nur insofern zählen, als sie wildwachsend in Tyrol gefunden wird.

In ihrem jugendlichen Verhalten soll sich die Zirbelkiefer, nach von Schultes Monographie, am nächsten der Weißtanne anschließen, bis zum 10ten Jahre sehr langsam und buschig wachsen, Schutz verlangen und sehr empfindlich gegen Dürre und Graswuchs sein. Erziehung in geschützten Pflanzkämpen und Auspflanzen im 3jährigen Alter, in Untermengung mit Fichten und Weißtannen, wird empfohlen. Der Same, im Frühjahr gesäet, liegt ein Jahr über, was um so merkwürdiger ist, da ich aus dem gleich gebauten noch größeren und dickschaligern Samen der Pinus Pinea die Pflänzchen schon 2 Wochen nach der Aussaat, also früher als aus dem Samen unserer Nadelhölzer, zum Vorschein kommen sah. Unter 2 Pfund Zirbelnüssen, die ich im vorigen Jahre erhielt, fand sich kein einziges keimfähiges Korn; obgleich der Kern frisch und markig war, fehlten die Keime im Samen gänzlich, an deren Stelle eine leere Haut von der Form des Keims sich zeigte. Es ist mir ein ähnlicher Fall, der weder im Alter des Samens noch in Mangel der Befruchtung seine Ursache haben kann, noch nicht vorgekommen. Man prüfe daher den auszusäenden Samen durch Zerschneiden, da es wohl möglich wäre, daß solche Fälle öfter eintreten und dieser Holzart eigenthümlich sind.

Das Holz der Zirbelkiefer soll ausgezeichnet gut und besonders dadurch zu Möbeln geeignet sein, daß sein Geruch den Insekten sehr zuwider ist. Die Nüsse sind eine sehr angenehme Speise und liefern, wie die Nüsse der italienischen Kiefer, ein sehr gutes Speiseöl. Ein Versuch, diese Holzart auf der verödeten Kuppe des Wurmbergs anzubauen, den ich vor 26 Jahren ausgeführt habe, ist bis jetzt von günstigem Erfolge gekrönt.

e. Die Weimuthkiefer, Pinus Strobus Linn. (Strobus virginiana),

ist seit dem nordamerikanischen Befreiungskriege bei uns ziemlich heimisch geworden, und zeichnet sich durch ihren überaus raschen Wuchs in der Jugend vortheilhaft aus; bis zum 40sten Jahre erreicht sie auf tiefgründigem, lehmigen Sand- oder sandigem Lehmboden mitunter eine Höhe von 20—24 Meter, und eine Stammdicke von $^1/_3$—$^1/_2$ Meter. Bei diesem raschen Wuchse ist das Holz sehr porös, leicht, von viel geringerer Dauer und Brennkraft als das der einheimischen Nadelhölzer, indem es weniger reich an Harz als an Terpentin ist, der dem Holze durch Verdunstung wenigstens theilweise entweicht. Zum Verbauen in Dachstühle dürfte es wegen seiner großen Leichtigkeit Vorzüge haben, wird jetzt auch sehr für die Zünzhölzchen-Fabrikation gesucht. Die Mannbarkeit tritt sehr früh ein; 20jährige Stämme tragen oft schon keimfähigen Samen in großer Menge. Der Same reift schon im September und fällt gegen Ende des Monats aus. Die junge Pflanze fordert zwar zum kräftigsten Gedeihen ungehinderte Lichteinwirkung, doch sieht man auf einigermaßen lichten Orten in den Weimuthkieferbeständen junge Pflanzen in Menge aufgehen, und bis zu einer Höhe von 4—5 Fuß recht freudig heranwachsen, so daß sie weniger empfindlich gegen Beschattung als die Kiefer zu sein scheint. Bis jetzt ist ihre Fortpflanzung wohl nur durch Auspflanzen aus Saatkämpen, am besten im 3—4jährigen Alter, betrieben worden.

Ein beachtenswerther Vorzug der Weimuthkiefer ist: daß sie viel weniger als die gemeine Kiefer von Insekten beschädigt wird, da sie die ihr eigenthümlichen Insekten in ihrem Vaterlande zurückgelassen hat; nur eins derselben ist ihr gefolgt und zwar Coccus Strobus (Jahresber. I. 4 S. 643), welches die Stämme und Zweige oft in so ungeheurer Menge bedeckt, daß sie wie mit Schnee befallen scheinen. Unter den einheimischen Insekten schadet die Raupe Laria dispar durch Entnadeln wenig, so wie einige Borkenkäfer der Kiefer sich hierher verirren.

Zweites Kapitel.

Kätzchenblumige Bäume (Amentaceae).

Bäume und Sträucher mit wechselständigen Blättern und getrennten Geschlechtern, theils auf einem, theils auf verschiedenen Stämmen, die Familien 5—12 der vorstehenden Synopsis umfassend. Die weibliche Blume ist entweder ein wahres Kätzchen, mit mehreren, durch Schuppen und Kelchblättchen getrennten, Eierstöcken auf gemeinschaftlichem, verlängertem Blumenboden, der später zum Fruchtboden wird, wie bei den Birken, Erlen, Weiden, Pappeln, bei dem Hornbaum und der Hopfenbuche, oder sie besteht aus einem oder mehreren Eierstöcken mit aufsitzender Narbe, umgeben vom Kelche und den Knospenschuppen, wie bei der Hasel, Eiche, Rothbuche, Kastanie. Die männliche Blüthe ist überall ein Kätzchen, zwischen dessen Schuppen die freien Staubbeutel, zwischen mehr oder weniger Kelchblättchen, diesen angeheftet sind.

1. Eiche, Quercus.

Bäume erster Größe. Die männliche Blume ein langes fadenförmiges lockeres Kätzchen mit vereinzelten Blumen, jede bestehend aus einem 5—9-blätterigen radförmigen Kelche und 5—10 Staubgefäßen. Die weibliche Blume ist ein mit einem Perigonium verwachsener Fruchtknoten mit zwei- oder dreitheiliger Narbe, umgeben von einem rothen Kelche, zu 1 bis 4 entweder an einem verlängerten Stiele oder gehäuft in den Blattachseln sitzend. Frucht eine derbhäutige Nuß, an der Basis von einem schuppigen becherförmigen Kelche umgeben und getragen.

Wir kennen in Deutschlands Wäldern nur drei verschiedene Eichenarten: Die Traubeneiche, Stieleiche und die Zerreiche. Bei der Stieleiche sind die Blätter ganz kahl, bei der Traubeneiche mehr oder weniger behaart, bei der Zerreiche steifer und etwas scharfhaarig. Bei Trauben- und Zerreiche ist die Blattbasis eben, bei Stieleiche kraus. Bei Trauben- und Zerreiche sind Blumen und Früchte sitzend, bei der Stieleiche auf verlängertem Stiele vertheilt. Bei Trauben- und Stieleiche ist das Fruchtbecherchen mit kleinen anliegenden Schuppen bekleidet, bei der Zerreiche sind diese Schuppen zu langen Zotten ausgezogen. Bei der Stieleiche stehen die walzigen Narben auf verlängertem Griffel; bei der Traubeneiche liegen die lappigen Narben dem Fruchtknoten auf. Dieser Unterschied ist noch an den reifen Früchten zu erkennen, besonders an den vorzeitig abgefallenen, die man unter älteren Bäumen zu jeder Jahreszeit auffinden kann. Trauben- und Stieleiche haben einjährige, die Zerreiche hat zweijährige Fruchtreife.

Die Botaniker stimmen gegenwärtig darin überein, daß Quercus pubescens Willd. nur eine stärker behaarte Form der Q. Robur sei, welche Letztere, je weiter südlich, um so häufiger und reichlicher behaart sei. Auch bei uns habe ich ziemlich stark behaarte Formen der Q. Robur gefunden, meist beschränkt sich ihre Behaarung im nördlichen Deutschland auf einige mikroskopisch kleine Härchen an den Seiten des Blattkiels. Bei Q. pedunculata habe ich selbst diesen geringsten Grad der Behaarung nie aufgefunden. Uebergänge im Blüthestande kommen hingegen vor, wahrscheinlich Bastardbildung.

a. Die Stieleiche, Quercus pedunculata Ehrh. (Robur Linn.), auch Sommereiche, Früheiche genannt.

Blüthe. Anfang Mai, meist noch bei nicht vollständig entwickelter Belaubung.

Frucht. Die bekannte, hier gestielte, bei der Traubeneiche fast stiellose Frucht ist bis Mitte Juli von der schuppigen Kapsel ganz umschlossen, tritt dann aus dieser hervor, erreicht im Anfang des Monats Oktober ihre Reife und fällt kurz darauf aus dem Näpfchen. Früher abfallende Eicheln sind ungesund und keimunfähig. Freistehende Pflanzen und besonders Stockausschläge tragen schon sehr früh tauglichen Samen, mitunter schon im dreißigsten Jahre; Samenloden im raumen Pflanzwalde und im Mittelwalde erreichen ihre Mannbarkeit selten vor dem sechzigsten Jahre; wenigstens erzeugen sie nicht so viele Früchte als zur Verjüngung der Orte nöthig

ist. Im geschlossenen Bestande tritt die Verjüngungsfähigkeit des Kernwuchses selten vor dem hundertsten Jahre ein. Auf gutem Boden und im milden Klima kann man alle 3—4 Jahr, unter ungünstigen Standortsverhältnissen alle 10—12 Jahre, auf ein reichliches Samenjahr rechnen. Einzelne Randpflanzen tragen fast jährlich so viel Samen, als man zur Bestellung der Pflanzkämpe nöthig hat.

Der Same verbreitet sich wegen seiner Schwere nur wenige Schritte von der Schirmfläche des Mutterbaumes, verlangt eine Decke von Laub oder Erde, wenn er während des Winters nicht vom Froste leiden soll; hält sich nur bei sorgfältiger Aufbewahrung bis zum nächsten Frühjahre keimfähig und keimt nach der Herbstsaat sehr früh im Jahre, mitunter schon bei gelinder Winterwitterung, bei der Frühjahrssaat 5—6 Wochen nach der Aussaat.

Die junge Pflanze läßt die Kernstücke in der Erde zurück und bildet schon im ersten Jahre einen bedeutenden Höhen- und Tiefenwuchs. Unter günstigen Verhältnissen wird der Stamm nicht selten 20 Cent. lang; einzelne Pflanzen wachsen zu einer Höhe von 35—40 Cent. heran. Sie ist daher gegen Graswuchs und bei ihrer tiefen Bewurzelung auch gegen Dürre nicht sehr empfindlich und leidet am meisten durch Verbeißen vom Wild und Vieh.

Stammbildung. Die junge Eiche zeigt schon in der frühesten Jugend große Neigung zur Astverbreitung. Bis zum dreißigsten Jahre ist der Wuchs sehr langsam, so daß man selbst auf gutem Boden in geschlossenen Beständen selten Stämme über 0,03 Cbmtr. Holzmasse findet. Einen schäftigen, zu Bauholz tauglichen Stamm erhält man nur durch Erziehung der Eiche im Schluß; im freien Stande zertheilt sie sich in geringer Höhe in Aeste und legt an diese den größten Theil des Zuwachses auf. Im Schlusse, besonders unter Rothbuchen erzogen, sind Bäume von 10—12 Mtr. Schaftlänge nicht selten. In geschlossenen 120—150jährigen Orten kann man die Stammholzmasse auf 60 Proc. der gesammten Holzerzeugung ansetzen.

Kronenbildung weit verbreitet, sperrig, mit vielen starken, flachstreichenden, krummen Aesten, so daß die Astholzmenge meist auf 15 Proc., worunter nur 4—5 Proc. Reiserholz, angenommen werden kann. Im Freien erwachsen, steigt das Astholz nicht selten über 20 Proc. der Gesammtmasse.

Belaubung. Blätter kurz gestielt, regelmäßig gebuchtet; die Buchten dringen, vom Umrisse nach der Mittelrippe hin, nicht bis zur Hälfte des Blattes ein, während die Blätter der Traubeneiche unregelmäßiger und oft bis über die Mitte der Blatthälfte eingebuchtet sind. Die Belaubung ist gering; das Blatt zersetzt sich rasch und die Humuserzeugung ist daher viel geringer als die der Rothbuche. Die Stellung der Blätter ist unregelmäßig, büschelförmig, mehr hängend und nicht so schirmförmig wie die des Buchenlaubes, daher die Eiche weit weniger als die Buche beschattet, so daß im Mittelwalde die Schirmfläche um $^1/_4$—$^1/_3$ größer sein kann als vom Buchenoberbaum.

Wurzelbildung. Schon im ersten Jahre dringt die junge Eiche mit einer senkrechten Pfahlwurzel sehr tief, tiefer in den Boden als sich der

Stamm über demselben verlängert. Die Zahl und Stärke der Seitenwurzeln ist hingegen sehr unbedeutend. Diese Wurzelbildung bleibt bis zum zwanzigsten bis dreißigsten Jahre. Später entwickeln sich die Seitenwurzeln immer mehr, so daß bei älter als 100jährigen Eichen die Pfahlwurzel im Verhältniß zu den Seitenwurzeln klein ist. Im tiefen Boden gehen aber auch die Seitenwurzeln 2—3 Meter tief ein. Die Wurzelbildung der jungen Eiche macht es nothwendig, die zum Verpflanzen bestimmten Loden und Heister durch Umsetzen nach erfolgtem Beschneiden derselben, zur Entwickelung einer größeren Menge von Seitenwurzeln zu nöthigen. Man kann in den meisten Fällen die Wurzelholzmenge 120—150jähriger Bäume und Bestände auf 20—25 Proc. der Gesammtmasse ansetzen.

Betrieb. Im Hochwalde wegen ihres langsamen Wuchses und langer Ausdauer gewöhnlich im 150jährigen Umtriebe, mehr in Mengung, besonders mit der Rothbuche, als in reinen Beständen. Im Mittelwalde besonders als Oberholz; weniger als Unterholz wegen ihrer Empfindlichkeit gegen Beschattung. Im Niederwalde, besonders an flachgründigen Sommerseiten, von verhältnißmäßig gutem Gedeihen im 15—20jährigen Umtriebe; zur Benutzung der Spiegelrinde in Schälwaldungen im 15- bis 20jährigen Umtriebe. Als Kopfholz liefert die Eiche zwar kräftige Triebe, der Stamm wird aber bald kernfaul und hohl. Besser als Schneidelholz.

Fortpflanzung: durch natürliche Besamung mannigfaltigen Schwierigkeiten unterworfen bei dem lichten Stande der meisten alten Bestände, bei der mangelnden Verbreitung des Samens vom Mutterstamme aus und bei dem sehr früh eintretenden Lichtbedürfnisse der jungen Samenpflanze, wodurch eine sehr dunkle Samenschlagstellung und baldige starke Lichtung nothwendig wird, der sich häufig die Nothwendigkeit einer haushälterischen Vertheilung der Nutzholzmassen auf längere Zeiträume entgegenstellt; ferner durch den Schaden, welchen der Transport starker Nutzhölzer in ganzen Stämmen aus dem Jungholze veranlaßt. Daher meist kahler Abtrieb und Wiederanbau aus der Hand. Die Saatkultur vermittelst des Pfluges oder Unterhackens, oder mit Hülfe des Sterns ist der Pflanzung meist vorzuziehen. Will man ältere als dreijährige Stämmchen verpflanzen, so müssen diese in Pflanzkämpen dazu vorbereitet werden.

Als Ausschlagholz gibt die Eiche in der Regel nur vom Stocke Ausschläge, der sehr tief an der Erde hervorbricht, daher die Stöcke tief gehauen werden müssen. Den reichlichsten Ausschlag liefert sie zwischen dem zwanzigsten und dreißigsten Jahre; doch kann man sie auch noch im 40jährigen Umtriebe mit Erfolg behandeln.

Benutzung. Wegen der langen Dauer des Holzes ist die Eiche besonders als Bauholz zu Schwellen, Ständern und Riegeln, wegen ihrer Schwere weniger zu Balken und Sparren gesucht. Vorzüglich ist sie für den Schiffs- und Wasserbau; ausgedehnt ihre Benutzung als Stabholz. Die jüngeren Hölzer geben ein geschätztes Wagner- und Reifholz. Das Brennholz ist besonders für Zwecke, die eine rasche große Hitze fordern, dienlich; die Kohlen sind mittelmäßig und haben wenig Tragkraft. Nächst dem Holze ist die Rinde wegen ihres reichen Gehaltes an Gerbestoff ein werthvoller Nutzungsgegenstand; die Mast ist als Viehfutter, die Blätter sind als Futterlaub geschätzt.

Beschützung. Am nachtheiligsten wird der Eiche das Wildprett und Weidevieh durch Verbeißen. Spätfröste schaden häufig der Blüthe und den jungen keimenden Pflanzen; Winterkälte dem unbedeckten Samen. Später ist die junge Eiche gegen Frost und Hitze, Dürre und Graswuchs, Duft und Schneeanhang ziemlich unempfindlich; auch leidet sie wenig von Insekten; Wicklerraupen, besonders die der Tortrix viridana, die Processionsraupe, der Frostschmetterling und der Maikäfer entlauben bisweilen die Bestände gänzlich, was ihnen jedoch weniger nachtheilig ist, als das Benagen der Wurzeln durch die Maikäferlarven. (Vgl. Bd. III.)

b. Die Traubeneiche, Quercus Robur Roth, auch Wintereiche, Steineiche, Bergeiche genannt.

Außer dem bereits Aufgeführten unterscheidet sich die Traubeneiche von der Stieleiche darin, daß letztere beinahe um vierzehn Tage früher ausgrünt und blühet, während die Früchte im Herbste fast gleichzeitig reifen, weßhalb die Meinung: „daß die Stieleiche wegen früherer Samenreife mehr für Gebirge und nordische Gegenden geeignet," sich nicht rechtfertigen läßt, indem der Same der Traubeneiche erfahrungsmäßig auch im Gebirge immer noch zeitig genug reift, um die Fortpflanzung zu vermitteln. (S. Bd. I. S. 47.)

Eine richtigere Folge der früheren Fruchtreife dürfte der höhere Werth der Stieleiche als Mastholz sein, da die Mast wegen des früheren Beginnens längere Zeit benutzt werden kann. Auch rücksichtlich des Holzes gibt man der Stieleiche den Vorzug, da dasselbe zäher und elastischer ist als das der Traubeneiche, während letzteres leichtspaltiger und in allen Zuständen um 65 Pfund der Cubikmeter schwerer ist. Hiermit ist denn auch eine etwas größere Brennkraft im Verhältniß wie 328 zu 350 verbunden.

Die Belaubung der Traubeneiche ist weniger büschelförmig, gleichmäßiger vertheilt, als die der Stieleiche, beschattet daher mehr, und würde deßhalb die Stieleiche im Mittelwalde den Vorzug verdienen.

In allem Uebrigen haben beide Eichenarten kein wesentlich abweichendes Verhalten, und gilt das, was ich von der Stieleiche gesagt habe, für beide.

c. Die österreichische Eiche, Quercus Cerris Linn. (Quercus austriaca W.)

Nach den von Feistmantel mitgetheilten Beobachtungen zeichnet sich diese Eiche durch sehr große, im Oktober reifende Früchte aus. Bei den im nördlichen Deutschland aber auch bei den im Wiener Walde wachsenden Zerreichen sind die Früchte nicht größer als die der vorgenannten Eichen, aber durch den zottigen Fruchtkelch unterschieden. Die Fortpflanzungsfähigkeit durch Samen wird auf das 70ste Jahr, die Wiederkehr der Samenjahre auf 2—4, der Hauptwuchs zwischen das 80ste—120ste Jahr, die Zeit der völligen Ausbildung auf das 160ste, die Lebensdauer auf 300 Jahre und darüber angesetzt. In Stamm- und Wurzelbildung gleicht diese Eiche den zuerst genannten. Die Zerreichen des Wiener Waldes schienen mir aber im Wuchs hinter unseren Eichenarten im Durchschnitt etwas zurückzustehen. Die steiferen, fast lederartigen Blätter sitzen in dichten Büscheln bei einander und dürften der Humusbildung förderlicher sein als die unserer Eichen.

Ausschlagfähigkeit vom Stock und Stamme sehr groß. Vorkommen meist in Untermengung mit der Rothbuche, selten in reinen Beständen und dann geschlossener als die zuerst genannten beiden Eichenarten; die junge Pflanze fordert mehr Schutz. Das Holz ist poröser, von geringerer Dauer, aber von größerer Brennkraft, besonders durch stark anhaltende Gluth dem Rothbuchenholze nahe stehend. Fast alle älteren Bäume sollen eisklüftig sein. Die Früchte brauchen zwei Jahre bis zur Reife. [1]

2. Rothbuche, Fagus sylvatica Linn.

Blüthe. Die männliche Blüthe ist ein fast kugliches Kätzchen an langem Stiele; die Kelche der einzelnen Blüthen 5—6theilig, mit 10 bis 15 Staubfäden. Weibliche Blüthe, endständig an langem Blumenstiele; in viertheiliger Hülle zwei Eierstöcke, jeder mit drei langen fadenförmigen Narben. Blüthezeit im Mai bei voller Belaubung.

Frucht: eine bei der Reife in vier Theilen aufspringende Kapsel, mit zwei dreieckigen Früchten — Bucheckern. Reifezeit Ende September und Anfang Oktober. Mannbarkeitseintritt im Mittelwalde und lichten Hochwalde mitunter schon im 50sten Jahre, an Stockausschlägen noch etwas früher; im geschlossenen Hochwalde nicht vor dem 60sten, meist erst im 80sten Jahre. In rauhem Klima kann man in der Regel alle 4—5 Jahre ein Samenjahr erwarten, im milden Klima tritt solches mitunter nur alle 10—15 Jahre ein.

Same: fällt im Oktober aus und bedarf einer Bedeckung durch Laub oder Erde, wenn er den Winter nicht vom Froste leiden soll. Die Natur gibt ihm diese durch das später abfallende Laub; bei Kulturen erhält er eine Erddecke von 3—5 Cent.; er keimt im nächsten Frühjahre und treibt zwei fleischige grüne Samenlappen über die Erde, welche äußerst empfindlich gegen Frost sind. Der Same erhält sich höchstens bis zum kommenden Frühjahr keimfähig.

Die junge Pflanze erscheint aus dem im Herbste gesäeten Samen gewöhnlich schon Ende April; im Frühjahre 3—4 Wochen nach der Aussaat. Sie bleibt in den ersten Jahren sehr klein; im Schutz des Mutterbestandes wird der Stamm im ersten Jahre selten über 8—10 Cent. lang. Die Pfahlwurzel dringt tiefer ein und entwickelt in den ersten Jahren nur wenige Faserwurzeln, gar keine Seitenwurzeln.

Der Stamm verbreitet sich im freien Stande weit in die Aeste und reinigt sich nur auf 3—4 Mtr.; im Schlusse bildet er einen sehr vollholzigen, mitunter über 20 Mtr. astreinen hochstämmigen Schaft. Bis zum 40sten Jahre ist der Wuchs äußerst langsam; von da ab wird er bedeutend stärker, und hält bis ins 120ste Jahr ziemlich gleichmäßig aus. Mit dem 140sten Jahre fangen die Bestände an, lückig zu werden; nach dem 150sten Jahre werden sie häufig zopftrocken. Im Schlusse erwachsen, kann man 60—65 Proc. der ganzen Holzmasse eines Baumes als Stammholz annehmen.

Die Krone ist im freien Stande sehr weit verbreitet und regelmäßig

[1] Nach Nördlinger soll die Zerreiche Wurzelbrut bilden. Beruht die Angabe auf eigener Beobachtung??

abgerundet; ein großer Theil der jährlichen Holzerzeugung wird den stärkeren Aesten aufgelegt, doch nicht in eben dem Maße, wie bei der Eiche. Im Schlusse erwachsen kann man bei 120jährigem Umtriebe 5—6 Proc. der Holzmasse auf stärkere, 8—10 Proc. auf schwächere Aeste und Reiser rechnen.

Belaubung. Da die Jahrestriebe regelmäßig mehrere Blattachselknospen zu belaubten Seitentrieben ausbilden, die Lebensdauer der Brachyblaste eine lange, daher die innere Belaubung der Krone eine reiche, ist die Laubmenge sehr groß, und die Beschattung wird durch die fächerförmige Stellung der Seitentriebe, wie durch die feste Stellung der Blattflächen zum Lichte sehr groß, so daß keine andere unserer Holzarten die Buche hierin übertrifft. Durch die große, jährlich abfallende Blattmenge und deren langsame Zersetzung düngt die Buche den Boden reichlich.

Die Wurzel verzweigt sich mit zunehmendem Alter immer mehr in starke, flach ausstreichende Seitenäste, während die Pfahlwurzel im Wuchse bedeutend zurückbleibt, scheinbar gänzlich verschwindet; doch dringen besonders auf schiefrigen oder zerklüfteten Gebirgsarten die feinen Wurzeläste sehr tief in die Bodenunterlage ein, so daß die Buche mit scheinbar sehr flachem Boden vorlieb nimmt. Die Stockholzmasse haubarer Buchenorte kann auf 20 bis 25 Proc. angesetzt werden.

Betrieb. Der Hochwaldbetrieb ist bei der Rothbuche, da der stärkere Zuwachs ins höhere Alter fällt, am vortheilhaftesten. Der gewöhnliche Umtrieb ist der 120jährige, auf sehr gutem Standorte der 100jährige; selten ist er auf 140 Jahre verlängert. Im Mittelwalde wächst die einzelne Pflanze zwar sehr rasch und freudig, allein man kann wegen der starken Beschattung nur wenig Stämme höheren Alters überhalten, und nur Roth- und Weißbuchenunterholz verträgt eine Beschirmung von $^1/_2$ der Fläche, besonders wenn man die Nutzung mehr in die jüngeren Altersklassen legt, und nur wenig altes Holz überhält. Im Niederwalde und als Unterholz im Mittelwalde ist die Rothbuche weniger empfehlenswerth wegen ihrer geringen Wiederausschlagfähigkeit, der kurzen Dauer des Mutterstockes und des langsamen Wuchses in der Jugend. Umtrieb 30—40 Jahre. Als Kopf- und Schneidelholz ist die Rothbuche noch weniger empfehlenswerth.

Fortpflanzung: vorzugsweise durch Dunkelschläge, da die junge Pflanze Schutz von Mutterbäumen fordert. Versuche, sie ganz im Freien durch Ansaat fortzubringen, sind zwar hin und wieder unter günstigen Standortsverhältnissen geglückt; der glückliche Erfolg ist aber zu unsicher durch die Empfindlichkeit der Samenlappen gegen Fraß, bei dem langen Aussetzen der Samenjahre sind die Störungen des Betriebs durch Verlust der Pflanzen aus einem solchen zu groß, als daß diese Art der Fortpflanzung je im Großen zur Ausübung kommen wird. Sicherer ist die Kultur durch Pflanzung. Am besten schlägt die Pflanzung drei- bis vierfüßiger Stämmchen an, doch läßt sich diese Holzart noch im 12—15jährigen Alter sicher verpflanzen, wohingegen die Pflanzung 2—3jähriger Stämmchen weniger sicher als bei den meisten der übrigen Holzarten ist. Im Nieder- und Mittelwalde ist die Fortpflanzung durch Absenker sehr zu empfehlen.

Der Hieb im Niederwalde kann spät, noch in der Saftzeit geführt

werden. Der Ausschlag erfolgt meist dicht über der Erde, und die Stöcke werden daher tief gehauen. Doch verträgt diese Holzart mehr als andere einen hohen Stockhieb. Schon mit dem dritten Hiebe werden die Mutterstöcke zur Erzeugung eines kräftigen Wiederwuchses unfähig.

Benutzung. Wegen geringer Dauer ist die Buche als Bauholz gar nicht in Gebrauch; nur beim Wasserbau, besonders zur Pilotage und als Schiffsbauholz zum Kiele wird sie mitunter verwendet. Als Werkholz wird sie fast nur zu Buchbinderspähnen, Felgen und einigen andern Wagnerhölzern gesucht. Desto ausgezeichneter ist das Holz und die Kohle zur Feuerung; beide geben eine starke, lang andauernde Gluth; letztere ist nicht allein deßhalb, sondern auch wegen ihrer großen Tragkraft für den Hüttenbetrieb sehr gesucht. Außerdem ist nur noch die Mast, als Viehfutter und zur Oelbereitung, Gegenstand einer Nebennutzung.

Beschützung. Die ältere Buche leidet sehr wenig von nachtheiligen Einflüssen. Die Blüthe leidet mitunter von Spätfröstén. Den jungen Pflanzen schadet besonders Frost, Trockniß und Graswuchs. Unter dem Wilde sind es besonders die Hasen und Kaninchen, welche durch Benagen der jungen Stämme oft sehr fühlbaren Schaden anrichten, in Samenschlägen mit jungem Aufschlag und starker Laubschicht thut mitunter das Schwarzwild durch Brechen beträchtlichen Schaden. Sehr nachtheilig werden häufig die Mäuse, besonders in grasreichen Jungorten, in denen der Schnee nicht zu Boden fallen kann, sondern vom Boden zurückgehalten wird, wo sich dann die Mäuse der ganzen Umgegend unter der Schneedecke zusammenziehen und die Stämmchen benagen. Unter den Insekten schadet besonders der Maikäfer durch Benagen der Wurzeln. Die Zahl der auf die Buche angewiesenen Insekten ist sehr gering; die Raupen einiger Spanner, der Bombyx pudibunda und Tau kommen mitunter in größerer Menge vor; doch nur erstere haben in jungen, 1—4jährigen Schonungen bis jetzt fühlbaren Schaden gethan.

3. Birke, Betula.

Männliche und weibliche Blüthen getrennt auf einem Stamme. Die männliche Blüthe ist ein langes Kätzchen; zwischen dessen Schuppen eine einfache Blume mit 6—12 Staubfäden. Weibliche Blüthe ein Kätzchen mit dreilappiger Schuppe und drei Fruchtknoten, jeder mit zwei fadenförmigen Narben. Die Blüthenkätzchen auf einfachem Stiele.

In Deutschland sind vier Arten dieser Gattung heimisch und zwar: Betula alba, pubescens (odorata), fruticosa und nana. Die beiden letzten unterscheiden sich von den ersteren genügend durch die einfach gesägten rundlichen Blätter und den strauchartigen Wuchs, B. nana von fruticosa durch die, bei ersterer kreisrunden Blätter, mit stumpfen, fast rundlichen Sägezähnen, welche an den länglich eirunden Blättern der letztern Art eckig enden. B. pubescens unterscheidet sich von B. alba durch die Behaarung der Blätter, Blattstiele und jungen Triebe wie durch den Mangel der wachsartigen Sekrete auf den jungen Trieben. An den Reisern älterer Bäume erlischt allerdings einerseits die Behaarung, andererseits das Sekret, allein an älteren Pflanzen tritt ein Unterscheidungsmerkmal in der Borkebildung

auf, da nur bei B. alba die Rinde der unteren Stammtheile in groben und tiefen Rissen aufberstet. Außerdem ist der Same der B. alba breiter geflügelt, und die Flügel überwachsen nach oben die Narbenspitze, während bei B. pubescens die Narben frei und über die Flügel hinausstehen.

a. Die Weißbirke, Betula verrucosa Ehrh. (alba aut.)

Die Blüthe erscheint gleichzeitig mit dem Laube, Ende April, Anfang Mai. Die Frucht reift sehr verschieden; im milden Klima und bei günstiger Frühjahrwitterung fliegt der Same gewöhnlich Ende August, ausnahmsweise schon Anfang August ab; früher abfliegender Same ist nothreif und taub.

Bei spätem Frühjahr und in rauhem Klima und kaltem Boden fliegt der Same meist gegen die Mitte des Septembers, mitunter erst Ende dieses Monats ab. Freistehende Birken tragen gewöhnlich schon im 15ten Jahre, Stockausschläge noch früher, fast alljährlich reichlichen Samen; selbst in geschlossenen Stangenorten tritt die Mannbarkeit meist schon mit dem 25sten Jahre ein.

Der Same will zwar nicht stark bedeckt sein, keimt sogar ohne alle Decke recht gut, verlangt aber einen wunden Boden, auf dem er, wenn Birkenmutterbäume in nicht zu großer Entfernung vorhanden sind, überall von selbst anfliegt, gewöhnlich da, wo man die Birke nicht haben will. Der Same verbreitet sich sehr weit vom Mutterbaume, und eine alte Birke kann mehrere Morgen bestreuen. Die Keimfähigkeit erhält sich nicht länger als bis zum Frühjahre nach der Reife.

Die junge Pflanze erscheint mit zwei kleinen, rundlichen, glänzendgrünen Samenlappen über der Erde, bleibt lange sehr klein, und erreicht im ersten Jahre meist nicht mehr als eine Höhe von 4—5 Cent. Die Pfahlwurzel fehlt schon im ersten Jahre; es zertheilt sich der Wurzelstock in mehrere, flach ausstreichende Seitenwurzeln, so daß die Bewurzelung kaum die Hälfte des oberirdischen Längenwuchses in die Tiefe dringt. Daher leidet die junge Birke am meisten durch Dürre, während sie gegen Frost- und Lichteinwirkung unempfindlich ist; schädlich wird ihr im ersten Jahre das Auffrieren des Bodens, später zu starke Beschattung.

Der Stamm reinigt sich auch im freien Stande auf 5—6 Mtr. von Aesten, und bildet überhaupt nur selten starke Seitenäste; daher dann die Stammholzmasse verhältnißmäßig größer ist als bei den vorher genannten Holzarten, so daß man dieselbe auf 80 Proc. ansetzen kann. Unter allen Hölzern bildet die Birke den abholzigsten Schaft, in Folge früher Lichtstellung, der nicht selten noch durch Krümmungen und Knicke verunstaltet ist.

Die Krone ist pyramidenförmig und wenig ausgebreitet; stärkere Aeste sind nur in geringer Menge vorhanden, das Meiste ist gewöhnlich Reiserholz unter 8 Cent. Durchmesser. Von 60jährigen Birken kann man 3—4 Proc. Astholz über 8 Cent. und 5—6 Proc. Reiserholz unter 8 Cent. durchschnittlich annehmen.

Belaubung: dünn und licht. Die Blätter schatten auch dadurch weniger, daß sie niederhängen, beweglich sind und dem Lichte nicht die volle

Fläche entgegensetzen. Unter allen Laubhölzern beschirmt und beschattet die Birke daher am wenigsten. Die Humusbildung der Birke ist sehr gering, und wir zählen sie zu denjenigen Holzarten, welche den Boden am meisten verschlechtern. Es liegt die Ursache nicht in der geringen Menge des jährlich erzeugten Laubes, sondern in dem kurzen Zersetzungszeitraum desselben, der bei der Buche dreimal länger ist, daher sich in Buchenbeständen auch dreimal mehr Humus ansammeln muß als in Birkenbeständen. Ohne Zweifel ist aber auch die frühe Lichtstellung und die geringe Beschattung und Beschützung des Bodens durch die Birke hierbei mitwirkend.

Wurzelbildung in der frühesten Jugend verhältnißmäßig ausgebreiteter als im höheren Alter; stets gering, in mehrere flach ausstreichende Seitenwurzeln zerspalten. Die Wurzeln bis zu 8 Cent. Stärke ausgenutzt, kann man 10—12 Proc. der gesammten Holzmasse an Wurzelholz annehmen.

Betrieb. Eigentlich für keine der verschiedenen Betriebsweisen besonders zu empfehlen, da sie überall wesentliche Mängel zeigt. Im Hochwalde, wo sie wegen ihrer frühzeitigen, nicht allein den Ertrag schmälernden, sondern auch den Boden verschlechternden und durch den Graswuchs den Wiederanbau erschwerenden Lichtstellung selten in höherem, als 60jährigen Umtriebe mit Vortheil zu bewirthschaften ist, läßt sie selbst innerhalb dieser Grenzen sehr früh im Wuchse nach und gewährt einen geringen Ertrag an Masse; im Mittelwalde als Oberholz schadet sie durch ihren Samen, indem der Birkenanflug gewöhnlich bald die ertragreicheren Unterholzarten verdrängt. Im Mittelwalde gereicht ihr übrigens ihre geringe Beschattung zur Empfehlung, so daß sie über sehr empfindlichem, z. B. Haseln- oder Birkenunterholz das beste Oberholz abgibt. Im Mittel- und Niederwalde als Unterholz ist sie am wenigsten empfehlenswerth, indem sie geringen Ausschlag liefert und die Mutterstöcke sehr bald eingehen. Den Umtrieb im Schlagholze fasse man so kurz, als dieß die Bedürfnisse irgend gestatten, keinenfalls über 25 Jahre.

Am besten erzieht man die Birke in Untermengung mit anderen Holzarten zum Aushiebe in den Durchforstungen. Zu Kopf- und Schneidelholze ist die Birke nicht tauglich.

Fortpflanzung. So leicht die Birke da anfliegt, wo man sie nicht haben will, und sich überall eindrängt, glückt ihre Verjüngung durch Samenschläge dennoch nicht immer nach Wunsch, woran vorzüglich die, unter dem Viehbetrieb bei starker Neigung zum Graswuchse in Folge der Lichteinwirkung auf dem Boden sich bildende, starke, filzige Grasnarbe, nicht selten auch, wegen Mangel an Schatten, die Dürre Schuld ist. Es muß daher häufig der Anbau zu Hülfe kommen, wenigstens eine Verwundung des Bodens stattfinden. Zur Pflanzung wählt man am besten 4—5jährige Lohden von $^2/_3$—1 Mtr. Höhe. Will man ältere Stämme verpflanzen, so müssen diese einige Jahre vor dem Aussetzen, wie die Eiche, durch Spatenstiche unterirdisch beschnitten werden, um eine größere Menge von Faserwurzeln in der Nähe des Wurzelstocks zu erzeugen. Die Ausschlagfähigkeit erhält sich höchstens bis ins 30ste Jahr, schwindet unter ungünstigen Standortsverhältnissen bisweilen schon mit dem 15ten Jahre. Die Mutterstöcke gehen gewöhnlich beim dritten Hiebe ein, und liefern schon beim zweiten einen spärlichen Ausschlag, der immer nur am ursprünglichen Stocke sehr tief erfolgt.

Wurzelbrut liefert die Birke nie, Wurzelausschläge liefern in geringer Menge die entblößt liegenden Seitenwurzeln.

Benutzung. Als Bauholz ist die Birke wenig oder gar nicht im Gebrauch. An Werkhölzern liefert sie Möbelholz und besonders die kleineren Wagnerhölzer: Leiterbäume, Deichselstangen, Schlittenkufen, Karrenbäume, Pflughölzer in sehr guter Qualität; ferner Faßreife und Besenreisig. Wo die Birke in geringen Mengen angebaut ist, gewährt sie daher einen hohen Ertrag; man lasse sich dadurch aber nicht zu ausgedehnterem Anbau verleiten, denn alle diese Nutzhölzer sind meist nur in geringeren Mengen in der nächsten Umgegend abzusetzen, und durch vermehrtes Angebot in Folge erweiterter Anzucht wird nicht allein der Absatz nicht gesteigert, sondern in vielen Fällen auch der Preis herabgedrückt. Als Brennholz ist die Birke sehr geschätzt und steht der Buche wenig nach, obgleich sie nicht die Summe der Wärme, wie jene entwickelt; dieß kommt daher, daß die Wärmeentwicklung sehr allmählig vor sich geht und die Kohlen eine starke, lange dauernde Gluth liefern. Ausgezeichnet ist die Birke als Kohlholz. Außerdem wird die Rinde alter Birken auf Gerbstoff für Weißgerber und zur Bereitung des Birkentheers benutzt.

Beschützung. Feinde treten der Birke sehr wenig entgegen, und nur in der frühesten Jugend leidet sie bei der flachen Bewurzelung leicht durch Dürre. Unter den Insekten gibt es kaum einige Blattwespen, Wicklerraupen, Rüssel- und Blattkäfer (Rhynchites Betulae, nana, Chrysomela Capreae), welche den Blättern schaden. Der Stamm wird mitunter von Cossus- und Sesia-Raupen, die Rinde von Eccoptogaster-Larven angegangen, jedoch nur in einzelnen Stämmen, und nicht häufig.

b. Die weichhaarige Birke, Betula pubescens Ehrh. (odorata Bst. alba Linn.), Ruchbirke, Schwarzbirke,

unterscheidet sich, außer dem bereits Angeführten, von der Weißbirke durch eine dunklere, rothbraune Rinde der jungen Triebe und Pflanzen, daher der Name Schwarzbirke; ferner durch die auch am Fuße alter Bäume sich geschlossen erhaltende Korkborke, durch die mehr horizontale Verbreitung der starken Aeste alter Bäume und durch ein grobfaseriges Holz, zeigt sonst dieselbe Stammbildung und Stammhöhe, wie die weiße Birke, mit der sie an feuchten Stellen fast überall in Deutschland in einzelnen Exemplaren gemengt gefunden wird. Sie verträgt größere Bodennässe, als die Weißbirke, und findet sich daher nicht selten in Untermengung mit der Erle, wo jene zurückbleibt; dahingegen nimmt sie nicht mit so trockenem Standorte vorlieb. Alles Uebrige hat sie mit der Weißbirke gemein.

c. Die Strauchbirke, Betula fruticosa Pallas, auch Sumpfbirke, Morastbirke,

findet sich nur auf Sumpf- und Torfboden, und auch hier ist sie bis jetzt nur in Bayern und Mecklenburg aufgefunden. Der strauchige Stamm erreicht selten eine Höhe von 1—2 Meter.

d. Die Zwergbirke, Betula nana Linn.,

ist ebenfalls ein Sumpf- und Torfgewächs, das selten bis $\frac{1}{2}$ Meter hoch wird, sich nur in den höheren Gebirgsbrüchen findet und, wie die Strauchbirke, keine forstliche Bedeutung hat.

4. Die Erle, Alnus,

ist der Birke in der Blüthebildung nahe verwandt, in allem Uebrigen sehr verschieden. Der Unterschied der Blüthe beruht vorzüglich darin, daß die Blumenstiele nicht einfach, sondern verästelt, die Schuppen des männlichen Kätzchens dreiblumig, die des weiblichen Kätzchens hingegen nur zweiblumig und bleibend sind, zu einer Zapfenfrucht verholzend, die noch lange nach dem Ausfliegen des Samens am Baume bleibt.

Wir kennen drei Erlenarten unserer Wälder, und zwar Alnus glutinosa, incana und ovata. Letztere unterscheidet sich von ersteren durch den mehr birkenähnlichen Bau, durch die geflügelten Früchte, sowie durch die ungestielten Knospen, während bei ersteren die Früchte ungeflügelt, die Knospen gestielt sind. A. incana unterscheidet sich von A. glutinosa durch die zugespitzten, dort abgerundeten oder an der Spitze eingebuchteten Blätter, deren Unterseite weißhaarig ist, während die in der Jugend klebrigen Blätter der Rotherle nur in den Winkeln der Blattadern braune Haarbüschel tragen. Auch die jungen Triebe der Rotherle sind stark klebrig, was bei A. incana nicht der Fall ist.

a. Die Rotherle, Alnus glutinosa Gärtner.

Die Blüthe erscheint schon im Herbste, ruht den Winter über und blüht im März auf.

Die Frucht reift im Oktober, die Zäpfchen öffnen sich gewöhnlich aber erst in den ersten Wintermonaten des Jahres und der Same fliegt auf den Schnee aus. Aus dem Samen erwachsene Pflanzen werden selten vor dem vierzigsten Jahre fruchtbar; nur von Jugend auf im Freien erwachsene Stämme erreichen ihre Mannbarkeit schon mit dem fünfzehnten bis zwanzigsten, Stockloden mitunter schon mit dem zehnten Jahre. Die Samenjahre treten häufig ein, und wiederholen sich meistens in 3—4jährigen Perioden.

Der Same, eine kleine, breit gedrückte, stumpf-kantige, braune, hartschaalige, ungeflügelte Nuß, verbreitet sich in der Regel nicht weiter als 20—30 Schritte vom Mutterstamme, verlangt einen wunden Boden, doch geringe Decke, die ihm am besten durch Betrieb mit Schafheerden gegeben wird. Der im Frühjahr gesäete Same keimt nach 5—6 Wochen.

Die junge Pflanze erscheint mit zwei rundlichen, blaßgrünen Samenlappen, und erreicht im ersten Jahre eine Höhe von 15—18 Centim., bei verhältnißmäßig großer Stammdicke; in die Erde dringt sie kaum die Hälfte dieser Länge ein, verbreitet sich aber mit einem starken Wurzelfilz weit in die Oberfläche des Bodens. Sie leidet daher in der ersten Zeit leicht durch Auffrieren des Bodens, ist sehr empfindlich gegen Beschattung, jedoch weniger im ersten und zweiten Jahre, als später.

Der Stamm reinigt sich im freien Stande in geringer Höhe, selten über 3—4 Meter von Aesten, bildet mehr Reiser als Astholz. Im Schlusse hingegen schiebt der Stamm sehr in die Höhe, und bildet einen geraden, regelmäßigen, ziemlich vollholzigen Schaft, mitunter von 15—20 Meter Länge bis zur Krone. An im Schlusse erwachsenen Samenpflanzen von 60jährigem Alter kann man die Stammholzmasse auf 75 Proc. der Gesammtmasse ansetzen.

Die Krone enthält wenige stärkere Aeste, meist Reiserholz unter

8 Cent., und breitet sich pyramidenförmig wenig und nur in den unteren Aesten etwas mehr aus. In 60jährigen, mittelmäßig geschlossenen Beständen kann man 8—10 Proc. Astholz annehmen, wovon nur 2—3 Proc. der ganzen Baummasse die Stärke von 8 Cent. übersteigt. Das Holz der Aeste zeichnet sich durch seine große Brüchigkeit auch im grünen Zustande aus, daher man mit dem Aushiebe in jungen Orten sehr vorsichtig sein muß.

Belaubung mittelmäßig, durch den dichten Schluß junger Orte bis zum 30sten Jahre dennoch stark beschattend und den Graswuchs zurückhaltend. Bei höherem Alter werden die Bestände auch ohne übertriebene Durchforstung lichter, halten sich bis zum 60sten Jahre größtentheils doch so geschlossen, daß ein übermäßiger Graswuchs nicht aufkommen kann. Bei dem fast überall großen Humusgehalt des Erlenbodens kommt die Humuserzeugung der Blätter kaum in Betracht.

Bewurzelung. Der Wurzelstock spaltet sich nicht tief unter der Erde in mehrere sehr abholzige Herzwurzeln, deren Seitenwurzeln größtentheils schräg in den Boden dringen und nur theilweise, auf nassem Boden in größerer Menge, in der Oberfläche des Bodens fortstreichen. Die Wurzelmenge der Samenpflanzen ist daher nur gering und größtentheils aus schwachem Holze bestehend. Man kann sie nicht höher als 12—15 Proc. ansetzen. Wo der überirdische Theil der Mutterstöcke mit ins Stockholz fällt, wie dieß in der Regel geschieht, da kann die Stockholzmasse bei hohen Stöcken mitunter 30 Proc. übersteigen.

Betrieb. Für den eigentlichen Hochwaldbetrieb ist die Erle zwar weniger als für den Niederwald geeignet, da ihr Hauptwuchs in die ersten Perioden ihres Lebens fällt, und an Stockausschlägen schon mit dem 20sten, am Kernwuchse, je nach Verschiedenheit des Bodens, mit dem 40sten bis 50sten Jahre bedeutend nachläßt; doch wird man häufig durch Consumtions-Verhältnisse, namentlich durch Mangel an Absatz für das schwächere Material zu einem höheren Umtriebe und einer dem Hochwaldbetriebe ähnlichen Bewirthschaftung gezwungen, in welcher der Umtrieb jedoch nicht über 60 Jahre anzusetzen ist. Zu Oberholz im Mittelwalde eignet sich die Erle wenig, da sie sehr früh im Wuchse nachläßt und nur auf feuchtem Sandboden längere Zeit aushält. Der geeignetste Betrieb der Erle ist im Niederwalde, in welchem sie bei 20—25jährigem Umtriebe den höchsten Masseertrag abwirft. Je größer die Nässe des Erlenbodens und je mehr sich dieser dem Torfboden nähert, um so kürzer muß man den Umtrieb fassen.

Fortpfanzung. Bei der Behandlung der Erle im 60jährigen Hochwaldumtriebe geschieht die Verjüngung durch Samen und Stockausschläge. Um einen guten Kernwuchs zu erzeugen, dürfen die Bestände nicht früher angehauen werden, als ein volles Samenjahr eingetreten ist, indem auf dem Erlenboden der Graswuchs zu leicht überhand nimmt. Da die junge Erle sehr unter Schatten leidet, und die erfolgenden Stockloden durch den späten Hieb sehr beschädigt werden, so muß man die Lichtstellung und den Abtrieb möglichst beeilen. Die Aussaat des Erlensamens wird auf dem dem Auffrieren sehr ausgesetzten Boden größtentheils platzweise durch Einharken des Samens vermittelst eines Rechens bewirkt. Die Erlenpflanzungen schlagen besser an, als die Saaten, am besten die Pflanzung 4—6jähriger Loden,

die nicht mehr unter Graswuchs leiden. Die Ausschlagfähigkeit der Erle ist sehr groß, und selbst 60jährige Kernstöcke liefern einen kräftigen und reichlichen Ausschlag; doch muß man sorgfältig die am Fuße des Stammes, selbst in geschlossenen Orten häufigen, unterdrückten Wasserreiser hinwegnehmen, deren Ueberhalten schlechte unwüchsige Loden liefert und das Hervorbrechen neuer Ausschläge verhindert. Die Stöcke können zu jeder Jahreszeit gehauen werden, ohne daß der Ausschlag dadurch geschwächt wird. Wurzelbrut liefert diese Erle nicht.

Benutzung. Zu Bauholz wird die Erle nur in steter Nässe, besonders zu Wasserleitungen, als Röhrholz benutzt und zeichnet sich hier durch lange Dauer aus. Die maserigen Stammenden mancher Bäume werden von den Tischlern wegen des schön geflammten grünen Masers gesucht. In der Brenngüte steht die Erle zwar den meisten Holzarten weit nach, ist aber wegen der ruhigen gleichmäßigen Flamme, die sie bildet, besonders in Ländern, wo viel Kaminfeuer unterhalten wird, sehr geschätzt. Die Rinde enthält viel Gerbestoff und Gallussäure, weßhalb sie zum Schwarzfärben im Gebrauch ist.

Beschützung. Die Erle hat sehr wenig Feinde und nur an einzelstehenden Pflanzen werden die Beschädigungen der Blätter durch Galleruca Alni und Chrysomela aenea, sowie einiger Blattwespen, mitunter fühlbar. Wild uud Vieh geht sie nur in der äußersten Noth an, und auch unter Witterungseinflüssen leidet sie wenig, doch erfrieren die jungen Ausschläge mitunter bei Spätfröften, im höheren Gebirge mitunter noch sehr spät die Blätter, selbst der alten Bäume.

b. Die Weißerle, Alnus incana Dec., auch nordische Erle.

Die Unterschiede im Verhalten dieser und der Schwarzerle beruhen zuerst in der sehr großen Fortpflanzungsfähigkeit der Weißerle durch Wurzelbrut, die selbst in geschlossenen Beständen ohne äußere Veranlassung in Menge erscheint, daher dann diese Holzart besonders für solche Oertlichkeiten schätzbar ist, in denen durch regelmäßige hohe Ueberschwemmungen die Verjüngung der Schwarzerle sehr erschwert ist. Die Weißerle läßt sich ferner sehr leicht durch Steckreiser vermehren. Unter ungünstigen Verhältnissen, bei denen von mehreren Hunderten Rotherlensteckreiser kein einziges anschlug, wuchsen von der Weißerle nahe $^1/_4$ der gesteckten Reiser fort, und entwickelten schon im ersten Jahre eine auffallend reiche Bewurzelung. Sodann erträgt sie in der Jugend eine stärkere Beschattung, und diese länger als die Rotherle; erträgt wie diese die Ueberschwemmungen, aber weniger gut anhaltende große Nässe und leidet weniger von Spätfröften. Das Holz ist weit weniger brüchig als das der Rotherle. Da sie ein Baum des hohen Nordens ist, so findet sie sich in den Ebenen Deutschlands nur hin und wieder, gedeiht aber auch dort bei kurzem, 30 Jahre nicht übersteigendem, Umtriebe trefflich und verdient den ausgebreitetsten Anbau. Im höheren Gebirge kann man sie auch zu Baumholz erziehen.

c. Die Straucherle, Alnus ovata Schr. viridis Dec. (Alnobetula), auch Erlenbirke rundblätterige Birke, Alpenerle genannt.

Ein 2—3 Mtr. höher ästiger Strauch, welcher an den rauhen Abhängen der Granitgebirge des Schwarzwaldes und der Schweiz bis zur

Baumgrenze hinaufsteigt und dort die Krummholzkiefer ersetzt; in der Schweiz besonders durch Verhinderung der Lawinenbildung wichtig, sonst von keiner forstlichen Bedeutung. Sein Standortsbedürfniß scheint mehr dem der Birken als der genannten Erlen zu entsprechen, und überhaupt bildet diese Holzart in mehrfacher Hinsicht einen Uebergang zwischen beiden Gattungen.

B. Von den untergeordneten Holzpflanzen.

Ich zähle von diesen diejenigen Arten hier zuerst auf, welche ihrer Blüthebildung nach mit den bereits genannten herrschenden Laubhölzern in einer natürlichen Familie stehen.

Drittes Kapitel.

Kätzchenblumige Holzpflanzen (Amentaceae).

1. Die zahme Kastanie, Castanea vesca Gärtn.

Blüthe. Männliche und weibliche Blumen an ein und demselben sehr lang gezogenen, aufrecht stehenden Blumenboden; die männlichen Blumen an der Spitze, die weiblichen getrennt an der Basis des Blumenbodens; erstere bestehend aus einem geschlossenen fünfspaltigen Kelche, dessen innerer Basis 10—20 Staubfäden aufgewachsen sind; letztere mit drei Fruchtknoten und fadenförmigen rothen Narben, umgeben von einer grünen, vielblättrigen zur stachlichen Fruchthülle erwachsenden Cupula. Blüthezeit Ende Juli.

Frucht. Eine langstachlige, dreiklappige, fleischige Fruchthülle umschließt zwei bis drei derbhäutige Früchte, die im Oktober zur Reife kommen und aus den aufspringenden Hüllen fallen.

Der Same wird am besten im Herbst der Reife ausgesäet, 3—5 Cent. mit Erde bedeckt, worauf er sehr zeitig im nächsten Frühjahre keimt und die Samenlappen in der Erde zurückläßt. Mannbar mit dem 40sten Jahre. Samenjahr in 2—3 Jahren wiederkehrend.

Die junge Pflanze ist sehr empfindlich gegen Frost und bedarf während der ersten Jahre des Schutzes. Die kurzstämmige Pfahlwurzel zertheilt sich nicht tief unter dem Boden in mehrere Herzwurzeln und Seitenwurzeln, die einen reichen Wurzelfilz entwickeln. In der Jugend wächst sie nicht sonderlich rasch, erst mit dem 30sten Jahre beginnt reichlicher Zuwachs, der bis zum 70sten bis 80sten Jahre aushält.

Der Stamm wird selten sehr hoch, wächst verhältnißmäßig mehr in die Dicke, ist übrigens bis zu den Aesten vollholzig und regelmäßig. In Untermengung mit Buchen schießt er schlank und regelmäßig in die Höhe.

Die Krone ist starkästig, weit verbreitet, sperrig; der oberirdische Baum in seinem Aeußeren dem der Eiche am nächsten stehend.

Die Belaubung ist voll und nicht viel weniger schattend als bei der Rothbuche.

Die Bewurzelung stärkästig, in der Tiefe und in der Oberfläche weit verbreitet.

Betrieb: meist in Untermengung mit Buchen und Eichen im Hochwalde und Mittelwalde zur Benutzung der Früchte; im Mittelwalde stark

verdämmend. Ausschlagfähigkeit im Niederwalde groß bei langer Dauer der Mutterstöcke.

Fortpflanzung wie die der Rothbuche; meist Pflanzung aus Pflanzgärten.

Benutzung. Das feste dauerhafte Holz wird zu Bau- und Werkholz wie das der Eiche verwendet. In Frankreich wird auch Stabholz daraus gefertigt, welches besonders für Weinfässer geschätzt, dennoch aber um $^1/_3$ wohlfeiler als das Eichenstabholz ist. Die Brennkraft im verkohlten Zustande ist gleich der des Rothbuchenholzes.

Im südlichen Schwarzwald herrscht der Glaube, daß die Kastanie das unter ihr wachsende Gras vergifte, so daß es vom Vieh nicht gefressen wird. Unter hier wachsenden Bäumen habe ich den Boden nach Regen oft wie mit Dinte befleckt gesehen, wahrscheinlich in Folge einer Secretion von Gerbstoff aus den Blättern, der vom Regen gelöst und abgespült wird. Es steht dieß vielleicht mit jener Erfahrung im Zusammenhange.

Beschützung besonders gegen Frost und Dürre, sodann gegen Menschen, die bei Entwendung der Früchte leicht auch die Bäume beschädigen.

2. Der Hornbaum, Carpinus Betulus Linn., auch Weißbuche, Hainbuche, Hagebuche genannt.

Blüthe. Die weibliche Blume ist ein lockeres Kätzchen mit einfachen blattartigen Schuppen, deren jede zwei Blumen, mit dreilappigem Fruchtblatte einschließt; Fruchtknoten mit sehr langen fadenförmigen rothen Narben, jeder mit einem kelchartigen Perigonium verwachsen, dessen Zipfel an der reifen, nußähnlichen Frucht die gezackte Krone bilden. Die männlichen Kätzchen sind dichter, mit dachziegelartig sich deckenden Schuppen und einfacher 10—20männiger Blume ohne Kelch und Krone. Blüthezeit Ende April oder Anfang Mai.

Die Frucht ist eine zusammengedrückte, gefurchte, sehr hartschalige Nuß, zur Hälfte von dem bleibenden dreitheiligen Fruchtblatte umgeben, zu 4—10 auf gemeinschaftlichem Stiele. Sie reift im October und fliegt bald darauf ab, jedoch erst nach dem Abfall des Laubes. Die Mannbarkeit tritt früh, meist schon mit dem 30sten Jahre, an Stockloden viel früher ein; die Samenjahre kehren in 3—4jährigen Zeiträumen wieder.

Der Same verbreitet sich 10—15 Schritte vom Mutterbaume, und geht in Schlägen auch ohne besondere Sorge für Bedeckung reichlich auf. Er keimt erst $1^1/_2$ Jahre nach der Samenreife, 1 Jahr von der Frühjahrssaat ab gerechnet.

Die junge Pflanze bleibt in den ersten Jahren sehr klein, und entwickelt ihre Wurzeln vorzugsweise in der Oberfläche des Bodens; erst später dringen schwache Wurzelstränge in die Tiefe. Sie ist sehr hart und kann ganz im Freien gezogen werden, erträgt aber in den ersten Jahren eine mäßige Beschattung sehr gut, und erholt sich bald, selbst von stärkerer Verdämmung. Sie wird zwar vom Wilde und Vieh stark verbissen, erholt sich aber auch hiervon leicht. Ihr Wuchs ist, besonders als Kernstamm, stets sehr langsam, und bis zum 30jährigen Alter dem der Rothbuche kaum gleichzustellen, später bleibt sie hinter dieser bedeutend zurück.

Der Stamm ist sehr abholzig, selten grade und stets mehr oder weniger spannrückig gewachsen. Im Schlusse erwachsen reinigt er sich auf 7—8 Mtr., selten höher, von Aesten; im Freien bleibt er stets sehr tief beastet. Selbst im Schlusse erwachsen kann man die Stammholzmasse nicht über 60 Proc. ansetzen.

Die Krone ist im Freien sehr verbreitet, mit vielen wagerecht ausstreichenden niedrig angesetzten Aesten, von größtentheils nur geringer Stärke. Im Schlusse kann man 12—15 Proc., im Freien 15 bis über 20 Proc. der Gesammtmasse an Kronholz annehmen, worunter bis zur Hälfte Reiserholz.

Die Belaubung ist beinahe eben so verdämmend, als die der Rothbuche, durch die weite Verbreitung und horizontale Stellung vieler kleiner Brachyblaste, die der Jahrestrieb noch im Jahre seiner Erzeugung entwickelt. Die Blattmenge hingegen ist geringer als die der Rothbuche, und die Befruchtung des Bodens nicht so groß als durch jene Holzart, wenn auch der Unterschied nicht sehr bedeutend ist.

Die Bewurzelung ist flach und weit ausstreichend, aus vielen schwachen Wurzeln bestehend, so daß man bei der Rodung gewöhnlich nicht mehr als 15—18 Proc., bei sehr sorgfältiger Rodung und Benutzung auch der entfernteren, schwachen Aeste über 20 Proc. Wurzelholz erhält.

Betrieb in reinen Hochwaldbeständen nur hier und da, und wegen des langsamen Wuchses nicht vortheilhaft. Im Hochwalde am besten in Untermengung mit Rothbuchen zum Aushiebe im 60—80sten Jahre, da sie später im Wuchse sehr nachläßt. Auch in reinen Beständen ist der Umtrieb nicht höher als 80 Jahre anzusetzen. Für den Mittelwald ist sie nur als Unterholz benutzbar, und darf wegen ihrer Kronenausbreitung und starken Beschattung als Oberholz gar nicht geduldet werden. Man hält aber gern eine größere Zahl von Laßreideln 4—6 Jahre nach dem Hiebe über, zur Ergänzung des Hainbuchen-Unterholzes durch die von ihnen reichlich erfolgende Besamung. Als Unterholz im Niederwalde hingegen ist sie ausgezeichnet durch ihre starke und lange dauernde Wiederausschlagfähigkeit und die reichliche Vermehrung durch freiwillige Absenker. Sie gibt hier bei 20- bis 30jährigem Umtriebe verhältnißmäßig einen höheren Ertrag in Masse, und der demohnerachtet gegen die Eiche, Erle, Ahorne 2c. erfolgende Ausfall wird reichlich durch die vorzügliche Beschaffenheit des Materials als Brennholz ersetzt. Ausgezeichnet ist die Hainbuche ferner als Kopfholz im 10- bis 12jährigen Umtriebe.

Fortpflanzung leicht durch natürliche Besamung, wenn die junge Pflanze nur in den ersten Jahren vor Graswuchs und dem Verbeißen geschützt ist. Auch die Freisaaten gerathen gut, und die Pflanzung kann ohne Vorbereitung bis zur Heisterstärke ausgeführt werden; doch schlagen Lodenpflanzungen besser an. Als Unterholz bildet sie freiwillig viel Absenker, deren Menge durch Anhäufung von Laub um den Stock sehr vermehrt werden kann. Auch künstliche Absenker schlagen sehr gut an, müssen aber 3—4 Jahre unberührt im Boden liegen, ehe sie vom Mutterstocke getrennt werden. Die Weißbuchenniederwälder halten sich daher ohne Kostenaufwand voller bestockt als die der meisten übrigen Hölzer, und auch hierin ist der bedeutende Ertrag derselben begründet. Der Hieb im Niederwalde muß möglichst tief geführt werden.

Benutzung. Das Holz wird von Stellmachern und Maschinenbauern wegen seiner Härte und Glätte sehr geschätzt, besonders wird es von den Mühlenbauern gesucht. Als Brennholz ist es ausgezeichnet. Das grüne Laub gibt ein gutes Viehfutter.

Beschützung. Gegen Einwirkung der Atmosphärilien ist die Weißbuche ziemlich unempfindlich; in exponirten Lagen leidet sie mitunter vom Windbruch. Graswuchs schadet ihr wenig und nur in den ersten Jahren, mehr die Dürre. Ihre größten Feinde sind das Wild und das Weidevieh durch Verbeißen, die Mäuse durch Benagen der jungen Stämmchen.

Dem Hornbaume sehr nahe verwandt ist

3. Die Hopfenbuche, Ostria vulgaris Willdenow.

So genannt wegen der hopfenähnlichen Samenbüschel; von der Hainbuche darin verschieden, daß das dort offene, dreilappige Fruchtblatt hier zu einer schlauchähnlichen, nur an der Spitze geöffneten, die glatte Frucht einschließenden Hülle verwachsen ist. Sie findet sich im südlichen Oesterreich wildwachsend. Sie unterscheidet sich vom Hornbaume ferner durch eirund zugespitzte, an der Basis herzförmige Blätter und durch abgestumpfte Knospen. Ihr forstliches Verhalten scheint von dem des Hornbaums nicht wesentlich abzuweichen.

4. Die Hasel, Corylus.

Sträucher, mitunter baumartig, mit getrennter männlicher und weiblicher Blume auf einem Stamme. Die männlichen Kätzchen lang, walzig, mit acht kurzgestielten Staubbeuteln, zwischen dreikantigen, ganzrandigen Schuppen. Weibliche Blüthe: zwei Fruchtknoten in gemeinschaftlicher offener Schuppe, jeder Fruchtknoten umgeben von einem mit ihm verwachsenen Perigonium, zwischen letzterem und der Schuppe die aus mehreren verwachsenen Blättchen gebildete Cupula; jeder Fruchtknoten mit zwei langen fadenförmigen rothen Narben und zwei hängenden, achsenständigen Eiern, von denen in der Regel nur eines zum Samen sich ausbildet. 4—10 blüthetragende Schuppen auf gemeinschaftlichem spindelförmigem Blumenboden im Innern der Knospe. Frucht: eine einsamige Nuß, umgeben von dem nach der Blüthe heranwachsenden Becherchen.

Wir haben drei Arten dieser Gattung: die gemeine Hasel, die baumartige und die Lambertshasel. Sie unterscheiden sich besonders in der Bildung des Fruchtkelches, welcher bei ersterer kurz, die Frucht nicht weit überragend, glockenförmig, bei der Lambertsnuß doppelt so lang als die Frucht, dreitheilig, bei beiden einfach, bei der Baumhasel hingegen doppelt, weit geöffnet, die äußere Hülle vielfach zerschlitzt, die innere hingegen dreitheilig, tief sägezähnig ist; die Nuß etwas zusammengedrückt, an den Seiten stumpfkantig.

a. Die gemeine Hasel, Corylus Avellana Linn.

Blüthe. Die männliche Blüthe erscheint schon im Herbste, die weibliche im Frühjahr, bei milder Witterung mitunter schon im Februar, gewöhnlich im März, mitunter erst Anfang April, zu welcher Zeit denn auch der Samenstaub von den männlichen Kätzchen ausgestreut wird.

Die Frucht reift im September. Die Mannbarkeit tritt schon mit dem sechsten bis achten Jahre, an Stockloden noch früher ein. Samenjahre häufig.

Der Same verlangt Bedeckung mit Erde oder Laub, wenn er nicht erfrieren, oder von Mäusen, Eichhörnchen 2c. aufgenommen werden soll. Er läßt sich überwintern, verdirbt aber leicht und wird am besten gleich nach der Reife ausgesäet, worauf er im nächsten Frühjahre keimt, die Kernstücke in der Erde zurücklassend.

Die junge Pflanze kommt erst mit dem dritten Jahre in raschen Wuchs, der bis zum 20ten Jahre aushält, dann sich bedeutend verringert; sie verträgt keinen Schatten und leidet sehr vom Wild und Weidevieh durch Verbeißen.

Der Stamm zertheilt sich über dem Wurzelstock in viele Triebe, die bis zum 12—15ten Jahre grade und schlank in die Höhe gehen, einen 5—6 Meter hohen Strauch bildend, dann sich mehr in die Aeste verbreitend.

Die Belaubung ist ziemlich verdämmend und dem Boden günstig.

Die Bewurzelung flach laufend, weit verbreitet und verästelt.

Betrieb. Im Niederwalde in 10—15jährigem Umtriebe zur Erzeugung von Reifstöcken; für den Mittelwald wenig tauglich, da sie keinen Schatten erträgt, höchstens unter Birken oder Aspen Oberbaum.

Fortpflanzung durch Stockausschlag leicht und sicher. Der Ausschlag erfolgt am Mutterstocke, dicht unter der Erde, und bildet seine eigenen Wurzeln, wodurch sich die Stöcke von selbst unaufhörlich verjüngen. Man muß die Stöcke daher sehr tief hauen. Absenker gedeihen gut, Stecklinge schlagen nicht an. Will man Samenpflanzen erziehen, so muß dieß in Saatkämpen geschehen, da Same und Pflanzen im Freien zu vielen Gefahren ausgesetzt sind, letztere vom rascheren Wuchse der Stockloden leicht verdämmt werden.

Benutzung. Massenertrag im 12jährigen Umtriebe bei 6füßiger Stockferne bis 2 Cubikmeter jährlich. Als Werkholz zu Reifstäben und Korbruthen sehr geschätzt.

Beschützung: besonders gegen Wild, Weidevieh, Ueberschattung und Dürre.

b. Die Baumhasel, **Corylus Colurna Linn.**, auch türkische Hasel genannt,

weicht in Wuchs und Tracht von der gemeinen Hasel wesentlich ab. Sie erwächst zu Stämmen von 25—26 Meter Höhe, bis $^2/_3$ Meter Dicke, selbst im freien Stande mit vorwaltendem Höhenwuchs und verhältnißmäßig geringer, schwachästiger Kronenausbreitung. Ihr Hauptwuchs liegt zwischen dem zwanzigsten und vierzigsten Jahre; besonders üppig soll sie in Untermengung mit Nadelhölzern wachsen. Mannbarkeit mit dem zwanzigsten Jahre, Wiederkehr der Samenjahre 2—3jährig. Lebensdauer 100 Jahre. Ausschlagfähigkeit an Stock und Stamm selbst noch im höheren Alter lebhaft. Die junge Pflanze liebt in den ersten Jahren einigen Schutz. Das Holz ist fest, zähe, hart und grobfaserig. Rinde korkartig. Bewurzelung verbreitet, starkästig. Im südlichen Oesterreich.

c. Die lombardische Hasel, Corylus tubulosa Willd., Lambertsnuß,

wächst ebenfalls im südlichen Oesterreich wild, bei uns häufig angebaut in Hecken und Gärten, strauchartig, wie die gemeine Hasel, mit der sie auch sonst am meisten übereinstimmt. Gegenstand forstlichen Anbaues ist sie nicht.

5. Die Pappeln, Populus.

Bäume von mittlerer Größe, mit verlängerten Kätzchenblüthen, und zwar männliche und weibliche Kätzchen getrennt auf verschiedenen Stämmen. Die männlichen bestehen aus vielfach zerschlitzten meist mit Haaren besetzten Schuppen; am Grunde derselben ein kegelförmiger, schräger, unzertheilter Träger, auf welchem 8—20 Staubbeutel stehen. Fruchtstand und Schuppe der weiblichen Blume ebenso wie bei der männlichen Blume; der eiförmige oder pfriemliche Fruchtknoten, mit 2—8theiliger Narbe, umgeben von einem kelchähnlichen Perigonium. Viele wandständige Eier im Innern des Fruchtknotens.

Unter den fünf Arten europäischer Pappeln unterscheiden sich P. alba und canescens durch behaarte Knospen. Die Unterseite der handförmig gelappten Blätter von P. alba ist überall gleichartig weiß behaart. Bei P. canescens zeigt die Unterseite der Blätter, durch abweichende Stellung der Haare, unter günstigem Einfallswinkel des Lichts, 2—3 breite Längsbinden auf jeder Seite der Mittelrippe.

Unter den Pappeln mit kahlen, klebrigen Knospen hat P. tremula, wie alba und canescens, pfriemlich verlängerte Fruchtknoten; die sehr langgestielten, buchtig-sägezähnigen Blätter sind nur an der Spitze hier und da drüsig.

Bei P. nigra und dilatata, beide nur unterschieden durch den bei P. dilatata aushaltenden Schaftwuchs, durch die bei männlichen Pflanzen angedrückten Zweige und das weichere viel leichtere Holz, sind die Fruchtknoten kuglich bis eiförmig, die Blätter deltoid bis rhombisch, dicht sägezähnig und alle Zähne drüsig. Sie sind nur zu verwechseln mit P. betulaefolia (Amer.), die sich aber durch Behaarung der jungen Triebe unterscheidet. Alle übrigen, überall häufig cultivirten Schwarzpappeln Amerikas unterscheiden sich leicht durch feine Korkrippen, die, von den Blattnarben aus, die Triebe hinablaufen (P. canadensis, monilifera, angulata, serotina). Die raschwüchsigste unter diesen ist P. serotina m. (Belaubung erst mit der Akazie gleichzeitig). Unter günstigen Umständen bei uns bis 16 Cubikmeter in 45 Jahren per Stamm. Unstreitig der raschwüchsigste Baum.

a. Die Zitterpappel, Populus tremula Linn., auch Aspe, Espe, Asche genannt.

Blüthe: Ende März, Anfang April, vor Ausbruch des Laubes.

Frucht: reift gegen Ende Mai und der Same, mit wolligen Anhängen versehen, fliegt Anfang Juni aus den aufspringenden Fruchtkapseln ab. Freistehende Bäume tragen mit dem zwanzigsten bis fünfundzwanzigsten Jahre fast jährlich Samen.

Der Same hält sich nur kurze Zeit und muß sogleich nach dem

Abfliegen eingesammelt, und wieder ausgesäet werden. Der leichte wollige Same wird vom Winde sehr weit weggeführt. Läßt man den Samen nach dem Abfliegen sammeln, so ballt er sich durch die Wolle zusammen und ist dann schwierig auszusäen; man schneidet daher die samentragenden Zweige kurz vor dem Abfliegen des Samens ab, und besteckt damit die anzusäende Fläche, auf der er sich dann regelmäßig vertheilt und nach dem Abfliegen durch leichtes Ueberkratzen des Bodens mit der Erde gemengt wird.

Die junge Pflanze erscheint 1—3 Tage nach der Aussaat, bleibt im ersten Jahre sehr klein, und wird deßhalb, auch wegen des leichten Mißrathens der Saatculturen, häufiger aus gesunder Wurzelbrut erzogen, da Stecklinge der Zitter- und Silberpappeln sehr schwer anschlagen. Beschattung erträgt sie nicht. Gegen Atmosphärilien ist sie ziemlich unempfindlich. Schon im zweiten Jahre mehrt sich ihr Zuwachs bedeutend, so daß zweijährige Samenpflanzen nicht selten eine Höhe von $\frac{1}{2}$—$\frac{2}{3}$ Meter erreichen; von da ab bis zum zwanzigsten Jahre ist der Wuchs am stärksten; besonders Wurzelausschläge lassen von da ab im Wuchse bedeutend nach, während Kernwuchs mitunter noch im sechzigsten Jahre lebhaft vegetirt.

Der Stamm ist gerade, vollholzig, mit wenig starken, meist nur Reiserholz liefernden Aesten besetzt, von denen er sich auch im freien Stande meist über 7 Meter hoch reinigt. Man kann über 80 Proc. der gesammten Holzmasse an Stammholz annehmen.

Die Krone ist wenig ausgebreitet und schwachästig, so daß man von 60jährigen Stämmen nicht mehr als 6—8 Proc. Kronholz, worunter nur 2—3 Proc. Astholz, rechnen kann.

Die Belaubung ist schwach, und durch das an langen Stielen herabhängende, nicht schirmförmig gestellte Laub, im Verhältniß zur Blattmenge wenig beschattend. Den Boden bessert die Aspe, theils wegen der geringen Menge schwacher Blätter, theils wegen der frühen Freistellung, wenig.

Die Bewurzelung streicht in vielen schwachen Strängen nicht tief unter der Bodenoberfläche weit aus, daher dann auch die unterirdische Holzmasse nur gering ist, und nur bei sehr sorgfältiger Rodung auf 8—9 Proc. angesetzt werden darf.

Der Betrieb in reinen Beständen ist in allen Betriebsweisen wegen der frühzeitigen Lichtstellung und des dadurch geringen Ertrages nicht vortheilhaft; in einzelnen Stämmen unter anderen Holzarten, die den Boden schirmen, erzeugt die Aspe im 60jährigen Hochwaldumtriebe eine größere Holzmasse, als die meisten der übrigen Laubhölzer. Den höchsten Massenertrag gewährt sie als 10—15jähriges Schlagholz; im Mittelwalde ist sie wegen großer Empfindlichkeit gegen Beschattung nicht gut als Unterholz. Eher könnte man sie auf passendem Boden in einzelnen Stämmen als Oberholz dulden, da sie wenig beschattet, wenn sie sich nicht so leicht dem Unterholzbestande mittheilte, und den Wuchs der edleren Unterhölzer behinderte.

Fortpflanzung, vorzugsweise durch Wurzelbrut, die sehr reichlich überall nach dem Hiebe der Mutterpflanze und schon vor demselben zum Vorschein kommt und durch Abstechen der schwächeren Wurzeln sehr befördert werden kann. Besonders ist das Wurzelabstechen deßhalb zu empfehlen, weil die erfolgenden Schößlinge sich durch Gesundheit und freudiges

Gedeihen vor denen, die von selbst erfolgen, auszeichnen. Durch Samen läßt sich die Aspe nur auf ganz gras- und moosreinem Boden erziehen, da der leichte wollige Same sonst nicht zur Erde kommen kann.

Benutzung. Als Bauholz ist die Aspe wegen ihrer geringen Dauer wenig gesucht, und nur zum Verbauen ganz im Trocknen, besonders in Dachstühle, ist sie wegen ihrer großen Leichtigkeit im Gebrauch. Geschätzter ist das Holz von Moldenhauern, zu anderen Schnitzwaaren und zu Schindeln. Das Holz brennt lebhaft mit Entwickelung augenblicklich hoher Hitzgrade, daher es zum Ziegel- und Kalkbrennen verhältnißmäßig gut ist. Die Kohlen sind weich und zur Schießpulverbereitung tauglich; die Rinde wird hier und da zur Weißgerberei verwendet. Rinde und Knospen im Winter gefällter Stämme geben dem Wilde eine treffliche Aesung.

Beschützung. Die gefährlichsten Feinde der Aspe sind Wildprett und Weidevieh durch Verbeißen. Mehrere Bockkäfer und Schmetterlingsraupen leben im Innern der Stämme und durchziehen das Holz mit ihren Gängen; Chrysomella Populi und Tremulae entblättern oft in ungeheurer Menge, sowohl als Raupe wie als Käfer, die jungen Schößlinge.

b. Die Schwarzpappel, Populus nigra Linn.,

kommt, zunächst der Zitterpappel, noch am häufigsten in Wäldern, besonders in den sandigen frischen Flußniederungen vor. Sie unterscheidet sich von der Zitterpappel durch größere Stärke und Höhe der Stämme, eine verbreitetere Beastung, besonders größere Menge stärkerer Aeste, und durch eine stärkere, mehr in die Tiefe dringende, aber auch in der Oberfläche weit verbreitete Bewurzelung, sowie durch stärkere Beschattung. Der Massenertrag der Schwarzpappel ist noch größer als der der Aspe, besonders als Schlagholz im niedrigen Umtriebe; das Holz ist aber um einige Pfund leichter und die Brennkraft in dem Verhältniß wie 185 : $226^3/_4$ geringer als die des Aspenholzes. Dennoch kann ihr, durch Stecklinge und Setzstanzen leicht und sicher zu bewirkender Anbau bei der großen Massenerzeugung da, wo es darauf ankommt, in kurzer Zeit dem Brennholzmangel abzuhelfen, wenn der Verbrauchsort in der Nähe des Erzeugungsortes gelegen ist, die Transportkosten daher nicht zu hoch sind, mit Vortheilen verbunden sein. Ausgezeichnet ist diese Holzart durch die, oft den ganzen Stamm durchziehende Maserbildung, die ihm dann besonderen Werth zu Möbelholz gibt. Die Schwarzpappel eignet sich besonders zur Kopfholzwirthschaft. In allem Uebrigen weicht sie von der Aspe nicht oder unbedeutend ab.

c. Die Silberpappel, Populus alba Linn., und d. die Graupappel, Populus canescens Smith (nicht Wildenow).

sind in ihrer Stammbildung, Bewurzelung 2c., wie in ihrem forstlichen Verhalten unter sich gar nicht, von der Zitterpappel wenig unterschieden. Die Maserbildung ist diesen Holzarten nicht in dem Maße, wie der Schwarzpappel, eigen.

e. Die italienische Pappel, Populus dilatata Ait.,

aus der Lombardei hierher versetzt, und häufig als Alleebaum wegen der geringen Kronenausbreitung und Beschattung besonders an Kunststraßen

benutzt, da sie das Abtrocknen derselben am wenigsten behindert, kommt als forstliche Culturpflanze nicht in Betracht.

6. Die Weiden, Salices,

stimmen in der Blüthebildung und Frucht mit den Pappeln nahe überein, auch rücksichtlich der Vertheilung männlicher und weiblicher Blüthen auf verschiedene Stämme; die Schuppe des weiblichen Kätzchens ist aber unzertheilt, ganzrandig und an Stelle des bei Populus kelchähnlichen Trägers steht hier nur ein kleines, drüsiges Organ, Honigdrüse genannt, so daß sowohl Staubfäden als Fruchtknoten mit ihrer Basis unmittelbar der Schuppe angewachsen sind. Die Blume des männlichen Kätzchens hat größtentheils nur zwei sehr langstielige, mitunter verwachsene, oder 3—5 Staubfäden. Sehr eigenthümlich ist die, nur aus einem kappenförmigen Deckblatte bestehende Knospendecke und deren oft bunte Färbung über und unter einer Zone unfern der Basis.

Unter den S. 313—315 aufgeführten Weiden haben nur wenige forstliche Bedeutung, wenigstens nicht für Deutschland. Die Gletscherweiden, deren natürlicher Standort die höchsten Alpengebirge bis zur Schneegrenze sind; die Alpenweiden, die ebenfalls den höheren Alpengebirgen angehören und nur ausnahmsweise in tieferen Regionen vorkommen, wie S. phylicifolia auf der Brockenkuppe, S. hastata bei Stollberg im Harze, wachsen auch an ihrem natürlichen Standorte so vereinzelt, daß diesen Zwerg- und Kleinsträuchen auch dort ein besonderer Nutzen nicht zugesprochen werden kann.

Die Reifweiden, leicht erkennbar durch den bläulichen Duft der 2—4jährigen Triebe und das lebhaft eigelbe Zellgewebe der inneren Rinde sind baumwüchsige Weiden von raschem Wuchse und reicher Bewurzelung, besonders geeignet zum Anbau auf Dünen, selbst auf trockenen Sandschollen noch sehr freudig vegetirend. S. acutifolia, (caspica Hortul.) wahrscheinlich aus dem südlichen Rußland stammend, scheint hierzu am besten geeignet. S. praecox (daphnoides) ist Bewohner des Ostseestrandes, S. maritima, eben daher, wahrscheinlich ein Bastard der Vorigen und der S. repens. S. pomeranica scheint in Pommern wildwachsend nicht vorzukommen, ist aber die in unseren Gärten verbreitetste Art.

Unter den Purpurweiden hat nur die in den Ebenen Deutschlands sehr verbreitete, aber nur hier und da in Wäldern vorkommende S. purpurea dieselbe hochgelbe Färbung der inneren Rinde wie die Reifweiden. Bei den selteneren Arten S. rubra und Pontederana sind von dieser gelben Färbung der Säfte nur Spuren vorhanden. S. purpurea bildet sehr lange dünne Ruthen, und liefert, im 1—2jährigen Umtriebe behandelt, das Material für die feinen Korbmacherarbeiten. Der feuchte Sand der Flußufer und der Werder ist hierzu am geeignetsten. Ein jährlicher Ertrag von 6—8 Rthlr. pro $^1/_4$ Hektar bei 1jährigem Umtriebe ist durch die Stecklingcultur der S. purpurea zu erzielen. Es ist merkwürdig, wie gut die meisten Weidenarten den 1jährigen Umtrieb ertragen. Wir haben hier eine Anpflanzung von mehr als dreißig Weidenarten, die seit vierzehn Jahren alljährlich in $^1/_3$ Meter Höhe kopfholzartig geschnitten wurde, und die noch jetzt Jahres-

triebe von über 1 Meter Länge bildet. S. helix ist nur Varietät von S. purpurea.

S. rubra und Pontederana wachsen zu Mittel- und Großsträuchen heran, sind ebenfalls Uferweiden und liefern gutes Material zu gröberen Korbmacherarbeiten und Faschinen.

Die Spitzweiden sind ebenfalls Uferweiden, meist Großsträuche, theilweise sogar baumähnlich im höheren Alter und unter günstigen Umständen. Die wichtigste und verbreitetste Art ist S. viminalis. Im 2- bis 5jährigen Umtriebe behandelt, liefert sie jährlich über 3 Cubikmeter Massenertrag pro Morgen in schlankwüchsigen Ruthen, die wegen ihrer Länge und Biegsamkeit zu gröberen Korbmacherarbeiten vorzugsweise gesucht sind. Cultur durch 2jährige Steckreiser, die zu 4—6 nesterweise gesteckt werden; bei 2jährigem Umtriebe 2füßige Entfernung der Nester, bei 3jährigem Umtriebe 3füßige, bei 4—6jährigem Umtriebe 4füßige Entfernung. Saure schlechte Waldwiesen sind zu solchen Soolen sehr gut geeignet und liefern treffliche Bindweiden für das Reiserholz.

Unter den Sahlweiden sind S. cinerea — die große Werftweide, S. aurita — die kleine Werftweide und S. caprea — die Sahlweide sehr verbreitete, vorzugsweise in Wäldern vorkommende Arten; die beiden Werftweiden mehr auf feuchtem Moorboden, die Sahlweide auch auf dem trockenen bindenden Lehmboden kräftig wachsend. Die beiden Werftweiden sind stets strauchwüchsig, S. aurita, meist nicht über 1 Meter, S. cinerea, 3 bis 4 Meter hoch, S. caprea wächst unter günstigen Standortsverhältnissen zum Baume von 10—12 Meter Höhe und $^1/_3$ Meter Brusthöhendurchmesser heran, liefert ein besseres Brennmaterial als die übrigen Weiden. Dem ohnerachtet ist auch die Sahlweide im Waldwirthschaftsbetriebe häufiger Gegenstand der Vertilgung als der Fürsorge, und nur im Niederwalde würde sie sich auf geeignetem Standorte durch die Leichtigkeit der Vermehrung vermittelst Steckreiser empfehlen. Die Knospen und die weiche Rinde dieser Weidenarten sind eine treffliche Nahrung für das Wild in harten Wintern.

Unter den S. 314 von S. grandifolia bis versifolia aufgeführten Weiden, Klein- und Mittelsträuche der Gebirge, kommen S. nigricans (var. trifida) und S. depressa auch am Ostseestrande vor.

Wichtiger sind die Sandweiden der Ebene: S. argentea, repens, angustifolia, vielleicht nur Abänderungen ein und derselben Grundform: S. repens; Kleinsträuche von $^1/_3$—1 Meter Höhe mit mehr oder weniger niederliegenden, Ausläufer treibenden Trieben und silberglänzender Behaarung, durch ihre Verbreitung auf dem Dünensande der Meeresküsten, zu dessen Befestigung sie einigermaßen beitragen. Sie sind aber auch im Binnenlande besonders des nördlichen Deutschlands ziemlich verbreitet und besonders auf feuchtem Sand- und Haideboden häufig. S. rosmarinifolia hingegen, den vorigen sehr ähnlich, aber mit sehr kleinen fast kuglichen Kätzchen und stets aufstrebenden Zweigen, kommt häufiger in Gesellschaft der Werftweiden auf moorigem Grunde vor.

Die Mandelweiden theilen mit den Purpur- und Spitzweiden Verbreitung und Standort in den Freilagen der Ebene, nur vereinzelt und nicht hoch in die Gebirge aufsteigend. Es sind zwar Mittel- und Groß-

sträuche, aber ziemlich trägwüchsig, deren Anbau keine besonderen Vortheile bietet.

Unter den Baumweiden ist S. alba am meisten verbreitet, besonders eine Abart derselben mit dottergelben oder gelbrothen Zweigen: S. vitellina, die sich durch hohe Grade der Zähigkeit als Bind- und Flechtmaterial auszeichnet. Es gibt wohl kaum ein Dorf in Deutschland, in dessen nächster Umgebung S. alba nicht als Kopfholz angebaut ist. Seltener schon sind Bäume von ungestörter Entwickelung. Als solche erreichen sie unter günstigen Standortsverhältnissen eine Höhe von 15—20 Meter bei einer Stammstärke von $^1/_2$—1 Meter, stehen jedoch an Raschwüchsigkeit hinter den Schwarzpappeln bedeutend zurück. Dagegen weiß ich mich keines Falles zu entsinnen, in welchem diese Weide im nördlichen Deutschland zweifelsfrei als wildwachsend angesprochen werden konnte. Als Massenertrag kann man auf 0,03 Cubikmeter jährlichen Durchschnittszuwachs pro Kopfholzstamm rechnen. Bei ungestörtem Wuchse beträgt der jährliche Zuwachs nahe das Vierfache bis zum 50jährigen Alter. Das Holz ist weich und sehr leicht: Erziehung durch Steckreiser und Setzstangen.

Die übrigen Baumweiden sind ihrer Brüchigkeit wegen bei weitem weniger empfehlenswerth. Nur auf sehr schwerem Boden, auf dem S. alba verkümmert, verdienen sie als Kopfholz in Bezug auf Massenerzeugung den Vorzug. Zu Flechtzäunen und Faschinen sind sie tauglich, aber nicht zu Bindmaterial. S. Russeliana und mehr noch ein Bastard zwischen ihr und S. alba ist jedoch als Kopfholz im nördlichen Deutschland sehr verbreitet.

Viertes Kapitel.

Die Eschen (Fracineae).

Bäume erster Größe mit dem verschiedenartigsten Blüthenstande, theils Zwitterblumen, theils getrennten Geschlechtern auf einem oder verschiedenen Stämmen. Der Blume unserer **Fraxinus excelsior** fehlt die Blumenkrone und die kleinen Kelchzipfel sind rasch hinfällig (bei den Mannaeschen (Ornus) ist eine Blumenkrone vorhanden); die einfachen Fruchtknoten mit zweitheiliger Narbe, wie die zweitheiligen Staubbeutel, stehen auf langen Stielen büschelweise beisammen; am Grunde der weiblichen Blüthe stehen meist zwei unvollkommen ausgebildete Staubfäden. Frucht einsamig, zungenförmig geflügelt. Blätter gefiedert, gegenüberstehend.

Wir haben nur eine einheimische Art:

a. Die gemeine Esche, Fraxinus excelsior Linn.

Die Blüthe erscheint vor dem Laubausbruch Anfang Mai.

Die Frucht reift im October und fliegt gewöhnlich im November ab, doch bleibt sie mitunter den ganzen Winter über am Baume. Mannbar mit dem 40sten Jahre, freistehend noch früher und fast jährlich samentragend.

Der Same verbreitet sich 10—15 Schritte vom Mutterstamme und findet auch auf einem nicht zu sehr begraseten Boden eine zum Keimen erforderliche Lage, indem, wie bei den Nadelhölzern, der Flügel den Samen

beim Herabfallen in lothrechter Stellung erhält. Keimung ein Jahr nach der Aussaat im Frühjahre.

Die junge Pflanze ist nur im ersten Frühjahre gegen Frost empfindlich, verträgt keinen Schatten, kann ganz im Freien erzogen werden, leidet aber sehr unter Graswuchs und durch Verbeißen, weßhalb man sie gewöhnlich in Saatgärten erzieht und mit 5—6 Jahren ins Freie verpflanzt. Ihre Bewurzelung ist flach, aber weit verbreitet und reichlich verästelt.

Stamm und Kronenbildung nahe der der Eiche, auch rücksichtlich des Verhältnisses der Holzmassen.

Belaubung etwas lichter als die der Eiche, den Boden in noch geringerem Grade befruchtend.

Bewurzelung sehr ausgebreitet, sowohl in der Tiefe als in der Oberfläche des Bodens; der Stockholzertrag ist daher bei nicht sehr weitgreifender Rodung bedeutend geringer als der der Eiche und Buche und wird selten 15—16 Proc. übersteigen.

Betrieb vorzugsweise im Hochwalde in Untermengung mit Rothbuchen, wo ihr zur horstweise reinen Erziehung mit Vortheil die feuchteren moorigen Siepen, Bruch- und Wiesenränder anzuweisen sind; unter solchen Verhältnissen ist sie auch als Oberholz für den Mittelwald empfehlenswerth. Als Unterholz und für den Niederwald ist sie weniger zu empfehlen, da ihre Ausschlagfähigkeit nicht groß ist und oft schon mit dem 20 Jahre schwindet.

Fortpflanzung. Der Anflug von Mutterbäumen erfolgt zwar gewöhnlich sehr reichlich, wird aber leicht durch Graswuchs und Verbeißen vernichtet, daher man diese Holzart besser in etwas höherem Alter auspflanzt. Die Pflanzungen gedeihen sehr gut. Im Niederwalde kann man etwas auf Wurzelbrut rechnen(?), obgleich sie nicht häufig erfolgt. Stecklinge haben mir noch nicht anschlagen wollen, obgleich sie sich bis zum Herbste belaubt erhalten.

Benutzung, als Wasserbauholz und ganz ins Trockne verwendet, auch zum Häuserbau sehr gut, obgleich wenig gesucht; in abwechselnder Trockenheit und Feuchtigkeit von geringer Dauer. Besonders geschätzt wegen der großen Zähigkeit zu Wagner- und Maschinenbauhölzern. Wegen der häufig schön geflammten Textur von Tischlern, besonders in hiesiger Gegend, gesucht. Die Blätter geben ein gutes Futterlaub, das dem der Rüster gleichgeschätzt wird.

Beschützung: vorzugsweise gegen Verbeißen, Schälen und Schlagen vom Wildprett und Weidevieh. Den Pflanzungen zeigt sich der Pflasterkäfer (Lytta vesicatoria) durch wiederholtes Entblättern sehr nachtheilig.

Eine sehr empfehlenswerthe Esche ist Frax. pubescens besonders für schwereren trockenen Boden, auf welchem unsere Esche gar nicht mehr fortkommt. Sie ist dort sehr raschwüchsig und sowohl durch Saat als Pflanzung ungewöhnlich leicht und sicher anzubauen.

Fünftes Kapitel.

Ulmenartige Holzpflanzen (Ulmaceae).

Bäume erster und zweiter Größe mit wechselsweise gestellten Blättern. Die Blüthe zweigeschlechtig ohne Blumenkrone, mit einfachem zweinarbigem

Fruchtknoten und wenigen, dem Kelche aufgewachsenen Staubfäden. Die Frucht eine häutige Flügelfrucht (Ulmus) oder eine fleischige Steinfrucht (Morus, Celtis).

1. Rüster, Ulmus.

Bäume erster Größe mit eiförmigen, lang zugespitzten, am Stiele ungleichen, doppelt gesägten Blättern. Blüthen büschelweise an kurzen Stielen mit fünftheiligem Kelche, freiem zweinarbigen Fruchtknoten und 4—8 dem Kelche aufgewachsenen Staubfäden. Frucht einsamig, rundlich geflügelt.

Wir unterscheiden drei verschiedene Arten. Die Feldrüster, rauhe Rüster und die Korkrüster. Alle drei Arten kommen mit korkigen Flügeln der 2—6jährigen Triebe vor, die eine Art häufiger, die andere minder häufig; ein Artunterschied läßt sich daher hierauf nicht gründen. Bei U. effusa sind die Blumen 8männig, Blumen und Früchte viel kürzer als der Stiel, letztere am Rande gewimpert. Bei U. campestris und suberosa sind die Stiele kürzer als Blumen und Frucht, letztere am Rande kahl. Bei U. campestris sind die Blumen 5—6männig, die Narben der Afterblätter kahl. Bei U. suberosa sind die Blumen 4männig, die Narben der Afterblätter an der Rückseite mit steifen silberweißen Borstenhaaren besetzt.

a. Die Korkrüster, Ulmus suberosa Willd.

Die Blüthe erscheint vor dem Ausbruch des Laubes zu Ende März oder Anfang April.

Die Frucht reift zu Ende Mai oder Anfang Juni, fliegt alsbald ab und wird von geringem Winde weit vom Mutterbaume hinweggeführt. An freistehenden Bäumen tritt die Mannbarkeit schon mit dem 25—40sten Jahre, an Stockloden viel früher ein; Samenjahre häufig.

Den Samen sammelt man durch Abpflücken und wählt dazu die Zeit, wenn der erste, meist taube Same bereits abgeflogen ist. Die mehlige Beschaffenheit eines fühlbaren Kerns ist das Zeichen der Reife. Der gleich nach dem Einsammeln ausgesäete Same keimt schon nach drei Wochen und

die junge Pflanze erreicht schon im ersten Jahre eine Höhe von 10—15 Cent. Doch kann der Same auch bis zum nächsten Frühjahre aufbewahrt werden. Unter der Erde bildet die junge Pflanze eine kurze Pfahlwurzel mit kräftigen Seitenwurzeln und reichem Filz von Faserwurzeln, doch findet man auf lockerem Boden Pflanzen, die mit der Pfahlwurzel eben so tief in den Boden dringen als der Stamm lang ist. In den ersten Jahren verträgt sie mäßigen Schatten, kann aber ganz im Freien erzogen werden. In der Jugend und bis zum 20sten Jahre ist der Wuchs langsam, dann steigt er bis zum 60sten Jahre, und hält bis zum 80sten gleichmäßig aus.

Der Stamm ist selten regelmäßig, immer abholzig, selten höher als 7 Mtr. rein von Aesten, oft gebogen. Die Stammholzmasse kann auf 65 bis 70 Proc. angesetzt werden.

Die Krone: wenig verbreitet, mit langen, selten starken, aufgerichteten Aesten. Kronholz selten über 15 Proc., worunter 5—6 Proc. Reiserholz.

Belaubung: nicht verdämmend, der der Eiche gleich zu stellen.

Bewurzelung. Herzwurzel in mehreren starken Strängen in die Tiefe gehend; seitliche Verbreitung nur auf flachem Boden bedeutend. Stockholzertrag 15—20 Proc.

Betrieb. In Flußniederungen mitunter in reinen Hochwaldbeständen, am vortheilhaftesten im 80jährigen Umtriebe. In Untermengung mit Buchen und Eichen hält sie den 100—120jährigen Umtrieb aus, wenn sie auch im Wuchse nachläßt, doch hält man in der Regel nicht mehr Stämme bis zum Abtriebe über, als das Bedürfniß stärkere Werkhölzer fordert, und nimmt die übrigen schon in der 60- oder 80jährigen Durchforstung heraus. Im Mittelwalde ist sie ebenso als Oberbaum wie als Unterholz und für den Niederwaldbetrieb empfehlenswerth, da sie reichlich vom Stocke ausschlägt und viel Wurzelbrut treibt. Im Niederwalde wähle man den 15—30jährigen Umtrieb. Ausgezeichnet als Schneidelholz; als Kopfholz wird sie bald kernfaul.

Fortpflanzung meist durch Erziehung in Pflanzkämpen und Auspflanzen als Loden oder Heister, um sie gegen die größten Feinde ihrer Jugend, Graswuchs und Wildpret zu schützen. Im Niederwalde leicht durch Absenker.

Benutzung. Als Bauholz ist die Ulme der Eiche gleich geschätzt, wird aber bei dem seltenen Vorkommen weniger hierzu als zu Werkhölzern verwendet. Besonders geschätzt ist das Holz dieser Rüster für den Schiff- und Festungsbau, für Kanonenlavetten und Protzkasten, da es, von Kanonenkugeln getroffen, weniger splittert als alles übrige Holz. Masrige Stämme werden von Tischlern sehr gesucht. Die Rinde zu Bast, die Safthaut ungemein reich an Schleim (vergl. Jahresbericht I. 1. S. 163), Futterlaub vorzüglich gut.

Beschützung gegen Graswuchs, Wildpret und Weidvieh.

b. Die rauhe Rüster, Ulmus effusa Willd. (sativa), auch Flatterrüster, rothe Rüster, Wasserrüster genannt,

c. Die Feldrüster, Ulmus campestris Linn.,

weichen in ihrem forstlichen Verhalten von der vorgenannten Art nicht ab. Das Holz der rauhen Rüster steht in seiner Güte als Nutzholz dem der Korkrüster wenig nach, wohingegen das Holz der bei weitem am häufigsten vorkommenden Feldrüster wenig geschätzt ist.

In diese Familie gehören ferner:

2) Der Maulbeerbaum, Morus alba Linn. und

3) Der Zürgelbaum, Celtis australis Willd.,

ersterer durch ganz Deutschland in Gärten- und Pflanzschulen behufs Gewinnung des Seidenraupenfutters kultivirt, letzterer im südlichen Deutschland wildwachsend, beide jedoch von zu geringer forstlicher Wichtigkeit, als daß ich hier in ihre Beschreibung weiter einzugehen brauche.

Sechstes Kapitel.

Apfelfrüchtige Holzpflanzen (Pomaceae).

Bäume und Sträucher mit abwechselnd gestellten, einfachen oder zusammengesetzten Blättern. Die Zwitterblüthen in Afterdolden an der Spitze

der Triebe, bestehend aus einem, mit den Fruchtknoten verwachsenen, am Rande fünftheiligen Kelche. Fünf weiße oder rosenrothe Blumenblätter der inneren Seite des Kelchrandes aufgewachsen. Ein bis fünf Fruchtknoten unter sich und mit dem Kelche mehr oder weniger verwachsen; eben so viel Staubwege mit einfachen Narben; in jedem Fruchtknoten meist zwei Eierchen. Staubgefäße in der Mehrzahl, ringförmig der innern Seite des Kelchrandes entspringend. Ein bis fünffächrige Apfelfrucht oder Steinfrucht.

Als Kulturpflanzen unserer Wälder haben wir aus dieser Familie nur folgende Gattungen aufzuführen.

1. Die Hagedorne, Crataegus.

Sträuche erster Größe, mit doldigem Blüthestande, ein- bis dreisamigen, rothen Früchten. Die bei uns einheimischen beiden Arten, der spitzblättrige und der stumpfblättrige Hagedorn unterscheiden sich: ersterer durch stets einsamige, letzterer durch meist 2—3samige Frucht.

a. Der spitzblätterige Hagedorn, Crataegus monogyna Linn., auch einweibiger oder einsamiger Weißdorn genannt, und b. der stumpfblätterige Hagedorn, Crataegus oxyacantha Linn., zweisamiger Weißdorn,

beide unter dem gemeinschaftlichen Namen der Weißdorne bekannt, sind nur in der Nähe von Salinen ein Gegenstand der Forstkultur, und werden dort im kurzen Buschholzumtriebe als Niederwald bewirthschaftet. Der im Herbste gesäete 1—2 Cent. hoch mit Erde bedeckte Same keimt nach $1^1/_2$ Jahren und kann ganz im Freien erzogen werden. Stockausschlag lebhaft, wenig Wurzelausschläge. Ausgezeichnet sind die Weißdorne, zur Erziehung von Hecken. Einzelne ältere Stämme, welche sich hier und da in Wäldern finden, liefern ein ungemein festes, weißes Holz, welches besonders von Maschinenbauern und Drechslern sehr gesucht ist.

2. Die Mispeln, Mespilus.

Gesträuche zweiter Größe mit vereinzelten Blumen und mehr als zwei im Fruchtfleische verwachsenen Samenkernen von steiniger Beschaffenheit. M. germanica Linn. Die gemeine Mispel, mit flachgesägten, länglich-elliptischen, unten filzigen Blättern, ist nirgends Gegenstand der Forstkultur, das Holz ist zwar hart und fest, der Wuchs aber zu langsam, als daß sie des Anbaues würdig wären. Sie kommen zwar hier und da in Niederwaldungen, jedoch nur zufällig vor.

3. Apfel, Pyrus.

Bäume zweiter und dritter Größe, mit eiförmigen flach-sägezähnigen Blättern und vereinzelten oder büschelständigen Blüthen, deren Stiele entweder unverästelt, einfach, oder am Grunde verwachsen sind. Früchte vereinzelt, apfel- oder birnförmig; das Fruchtknotenfleisch vom Kelchfleische im Durchschnitte der Frucht nicht unterscheidbar.

Das Wildobst war in früheren Zeiten und so lange als die Mast eine Hauptnutzung der Wälder bildete, häufig Gegenstand der Forstkultur. Seit

die Mastnutzung und auch die Wildbahn ihre Wichtigkeit verloren haben, sind diese Holzarten, ihrer Trägwüchsigkeit wegen, kaum noch als forstliche Kulturpflanzen zu betrachten, und verschwinden mit jedem Jahrzehend mehr aus unsern Wäldern.

a. Der wilde Apfelbaum, Pyrus Malus Smyth (sylvestris), Holzapfel,
b. Der wilde Birnbaum, Pyrus communis Linn. (pyraster), Holzbirn.

blühen im Mai; die Frucht reift im September. Der Same zur Saat wird so behandelt wie der der Elsbeere. Die junge Pflanze erscheint im nächsten Frühjahre und ist gegen die Witterung abgehärtet, erträgt aber auch Beschattung ziemlich lange. Bewurzelung tief und weit durch eine Herzwurzel und viele Seitenwurzeln. Stamm kurz mit sperriger Krone und spannrückigem Schafte. Belaubung schattend. Wuchs sehr langsam, Ausschlagfähigkeit gering, daher man diese Hölzer nur an Schlagrändern, an Wegen, Triften zc. duldet, nicht oder wenigstens nur in Thiergärten, wo sie dem Wilde eine treffliche Aesung gewähren, anbaut. Die herben Früchte im Backofen gedörrt, werden süß und genießbar. Das Holz ist ungemein hart, fest und zähe, von Drechslern und Maschinenbauern sehr geschätzt.

c. Die Hainbuttenbirn, Pyrus pollveria Linn. (Bollvilleriana), die Schneebirn, Pyrus nivalis, die Quitte, Cydonia vulgaris,

sind nicht Gegenstand der Forstkultur, und hier nur der Vollständigkeit wegen aufgeführt.

4. Ebereschen, Sorbaria.

unterscheiden sich von Pyrus vorzugsweise durch den Blüthestand und die kleineren, beerenförmigen, leuchtend roth oder braun gefärbten Früchte, die nur bei S. domestica denen der Gattung Pyrus ähnlich sind. Der Unterschied im Blüthestande liegt darin, daß die Blumen und Fruchtstiele unfern der Blüthe verästelt sind, so daß der über dieser letzten Verästelung liegende Theil der Stiele kürzer ist als der unter ihr liegende Theil der Stiele, woraus eine wirkliche Doldenblüthe hervorgeht.

Die geringe Zahl der Arten dieser Gruppe zerfällt in die Gattungen Sorbus, Torminaria, Aria und Chamaemespilus, deren Unterschiede in der Blatt- und Fruchtbildung ich S. 319 erörtert habe. Unter die forstlichen Kulturpflanzen aus dieser Gruppe kann man zählen:

a. Der Vogelbeerbaum, Sorbus aucuparia Linn., auch Eberesche, Guitschenbaum genannt.

Blüthe im Mai.

Frucht reift im September. Mannbarkeit schon sehr früh; an freistehenden Stämmen schon mit dem 12—15ten Jahre. Samenjahre häufig.

Same: hält sich schlecht und muß noch im Herbste der Gewinnung ausgesäet werden.

Die junge Pflanze erscheint zeitig im nächsten Frühjahre, bleibt im ersten Jahre klein, bewurzelt sich aber stark in der Oberfläche des Bodens; leidet leicht von Dürre.

Schon im dritten Jahre kommt sie in lebhaften Wuchs und erhält sich darin bis zum 40—50sten Jahre. Sie erträgt in den ersten Jahren Beschattung, leidet wenig von Fröşten, und kann ganz ohne Schutz erzogen werden.

Der Stamm ist gerade, im Freien mit niedrig angesetzter Krone, auch im Schlusse selten höher als 5—7 Mtr. gereinigt. Der ganze Baum selten über 14 Mtr. Das Verhältniß der Holzmassen in Stamm, Krone und Wurzel dürfte dem der Weißbuche nahe stehen.

Die Krone ist länglich-kugelich, mit breiter Basis und wenigen, starken Aesten.

Die Belaubung mittelmäßig, an frei stehenden Bäumen mäßig schattend.

Bewurzelung: eine tiefgehende Herzwurzel, mit weit ausstreichenden, faserreichen Seitenwurzeln.

Betrieb: im Hochwalde nur nebenbei, besonders an Bruchrändern und Wiesflecken; wird gewöhnlich wegen der zum Vogelfang dienenden Beeren in einzelnen Exemplaren erhalten, sonst nur Durchforstungsholz. Aus demselben Grunde duldet man sie in einzelnen Stämmen als Oberholz im Mittelwalde. Im Niederwalde liefert sie ziemlichen Massenertrag.

Fortpflanzung: meist durch Pflanzung in Gärten erzogener, oder aus den Beständen entnommener Pflänzlinge, die man an günstigem Standorte gewöhnlich in Menge findet. Hieb der Stöcke tief, außer der Saftzeit.

Benutzung: Dauer gering, wegen seiner Zähigkeit ist das Holz zu Wagnerarbeiten geeignet; das Stangenholz zu Faßreifen. Als Brennholz mittelmäßig. Die Früchte liefern ein außerordentlich gutes Schaffutter, werden auch in Branntweinbrennereien und zum Vogelfange benutzt.

Beschützung: besonders gegen Dürre.

b. Der Speierlingbaum, Sorbus domestica Linn., auch Sperberbaum, zahme Eberesche,

unterscheidet sich von der vorigen Art durch die ganz kahlen grünen Knospen, durch die viel größeren, kleinen Aepfeln oder Birn auch in der gelben Färbung und im Fleische sehr ähnlichen Früchte, durch langsameren Wuchs, längere Lebensdauer, größere Höhe und Dicke, und ein überaus festes, zähes, röthlichgelbes, im Kerne braunes, meist schön geflammtes Holz, welches von Wagnern und Tischlern sehr geschätzt ist.

c. Die Elsbeerbirne, Torminaria europaea Dec. (Sorbus torminalis Crantz).

Blüthe: im Mai.

Frucht: reift im September und muß bald gepflückt werden, da sie lange am Baume bleibt und ihr von den Vögeln sehr nachgestellt wird. Man verwahrt die Früchte den Winter über auf dem Boden flach ausgebreitet, wäscht im Frühjahre den Samen aus und gibt ihm bei der Aussaat eine Decke von 5—6 Mmtr. Erde, worauf die Keimung in 3 bis 4 Wochen erfolgt. Mannbar mit dem 25—30sten Jahre. Samenjahre häufig.

Die junge Pflanze kann ganz im Freien erzogen werden, verträgt aber in den ersten Jahren mäßige Beschattung und erholt sich selbst später beim Verpflanzen ins Freie vom Drucke. In den ersten Jahren bleibt sie klein, dringt mit einer Herzwurzel tief in den Boden, bildet jedoch zahl-

reiche Seiten- und Faserwurzeln, so daß sie auch auf flachem Boden sich fest bewurzelt. Der Wuchs ist langsam, und dürfte den der Weißbuche nicht übertreffen. Mit dem sechzigsten Jahre hat sie ihre Vollkommenheit erreicht und läßt dann im Wuchse sehr nach, hält sich jedoch lange gesund.

Stamm unregelmäßig, auch im freien Stande auf 5—6 Meter von Aesten rein, bis zur Krone ziemlich vollholzig.

Krone nicht weit verbreitet, locker, mit wenig starken Aesten. Das Verhältniß des Stamm-, Kron- und Wurzelholzes dürfte dem der Erlenkernstämme am nächsten stehen.

Belaubung locker, wenig verdämmend.

Betrieb: einzeln im Hochwalde an den Bestandsrändern, häufiger als Oberbaum im Mittelwalde, wo sie wegen geringer Beschattung und guter Stammbildung im freien Stande so weit zu begünstigen ist, als das treffliche Werkholz Absatz findet. Weniger geeignet ist die Elsbeere für den Niederwald, da sie schlecht vom Stocke ausschlägt und die langsam wachsenden Stockloden bald von den anderen Holzarten übergipfelt werden.

Fortpflanzung: durch Samen meist in Pflanzkämpen und Auspflanzen als Lohde oder Heister. Auch der im Freien erfolgende verbuttete Aufschlag kann in Pflanzkämpen zu tauglichen Pflänzlingen erzogen werden.

Benutzung. Das Holz der Elsbeere erhält durch Beize die meiste Aehnlichkeit mit Mahagoni, ist von alten Stämmen schön geflammt und wird zu Möbeln sehr gesucht; seine Härte, Festigkeit und Zähigkeit, sowie seine Eigenschaft, daß es sich sehr wenig wirft, zieht und reißt, macht es zum Maschinenbau sehr geeignet.

Beschützung gegen Graswuchs und Dürre.

d. Der Mehlbeerbaum, Aria Theophrasti l'Obel. (Pyrus Aria Crantz) und
e. der Bastard-Mehlbeerbaum, Aria intermedia Ehrh.,

unterscheiden sich von dem Elsbeerbaum nur darin, daß sie nicht die Größe und Dicke Jenes erreichen, meist strauchartig vorkommen, dagegen besser vom Stocke ausschlagen. Ihr langsamer Wuchs macht sie jedoch unvortheilhaft, so daß sie wohl geduldet, aber selten oder nie angebaut werden.

Siebentes Kapitel.

Mandelfrüchtige Hölzer (Amygdaleae).

Bäume und Sträucher mit abwechselnd gestellten einfachen Blättern und Zwitterblumen mit fünftheiligem Kelche und fünfblätteriger, weißer, dem Kelchrande aufgewachsener Blumenkrone, einfachem freien, mit dem Kelche nicht verwachsenen Fruchtknoten mit einfacher Narbe, bis 20 dem Kelchrande aufgewachsenen kreisständigen Staubgefäßen. Frucht eine einsamige Steinfrucht mit fleischiger saftiger Hülle.

In unseren Wäldern nur eine der hierher gehörenden Gattungen:

Pflaume, Prunus.

Die ihr angehörenden Arten zerfallen nach Verschiedenheit der Frucht in zwei Abtheilungen: 1) in solche mit rundlichem Steine — Kirsche und

2) in solche mit länglichem Steine — Pflaume. Die Kirschen zerfallen in solche mit doldenförmigen Blüthebüscheln, Cerasus, Chamaecerasus und in solche mit traubenförmigen Blüthebüscheln, Prunus Padus, Mahaleb.

Die Pflaumen zählen drei Arten: Prunus domestica, insititia und spinosa.

Bei P. avium (Süßkirsche) ist die Unterseite der Blätter behaart, der Blattstiel zweidrüsig; bei P. Chamaecerasus (Zwergkirsche) sind beide Blattflächen kahl, bei letzterer die Sägezähne drüsig. Bei P. Padus ist der Blattstiel zweidrüsig, bei P. Mahaleb nicht. Prunus domestica unterscheidet sich von insititia und spinosa durch beiderseits kahle Blätter, P. insititia von spinosa durch eirunde, bei P. spinosa länglich lanzettförmige Blätter. Forstlich beachtenswerth sind unter diesen Arten nur:

a. Die Vogelkirsche, Prunus Avium Linn.

Blüthe im Mai.

Frucht reift im Juli. Mannbar mit dem zwanzigsten Jahre; Samenjahre sehr häufig.

Same, im feuchten Sande aufbewahrt, wird im Herbste gesäet, 1 Centim. mit Erde bedeckt, und geht dann im kommenden Frühjahre auf.

Die junge Pflanze gedeiht im Freien, liebt aber in den ersten Jahren Schutz und mäßige Ueberschattung. In den ersten Jahren wächst sie langsam, bessert sich vom fünfzehnten Jahre ab und hat mit dem fünfzigsten Jahr den Hauptwuchs vollendet.

Der Stamm ist langschäftig, vollholzig, im Verhältniß zu seiner Dicke schwank, gerade und regelmäßig abgerundet. Auf entsprechendem, mehr trockenem als nassem Boden, besonders im Kalk- und Kreideboden der nördlichen Gebirgseinhänge ist sein Wuchs ungemein üppig. Die Krone ist selbst im Freien hoch angesetzt und nicht weit verbreitet. Die Belaubung licht und wenig verdämmend. Bewurzelung: Herzwurzel mit starken Aesten in die Tiefe dringend und starke Seitenwurzeln weit ausstreichend.

Betrieb: im Hochwalde seltener als im Mittelwalde als Oberholz, wo man ihn gewöhnlich als Oberständer höchstens als angehenden Baum abnutzen kann.

Fortpflanzung. Meist durch Pflanzung unter den Mutterbäumen aufgeschlagener oder in Saatkämpen erzogener Sämlinge. Das zwei- bis dreijährige Alter ist zum Verpflanzen das Beste, später entwickelt die Kirsche die Faserwurzeln weit vom Stocke und ist dann weniger sicher zu verpflanzen.

Benutzung. Das Holz ist zähe, feinfaserig, leichtspaltig, hart, und wird als Stellmacher-, Möbel-, Maschinenholz sehr geschätzt. Dauer gering. Früchte als Nahrungsmittel und zur Branntweinbrennerei. Das an kranken Stämmen mitunter in Menge ausfließende Gummi kann wie arabisches Gummi benutzt werden.

Beschützung besonders gegen den Diebstahl der Früchte, wobei gemeinhin auch der Baum verderbt wird. Die Schwierigkeit, diesem vorzubeugen, hebt in vielen Fällen die mancherlei Vortheile, welche der Anbau des Baumes gewähren würde, auf.

b. Die Traubenkirsche, **Prunus Padus Linn.**,

kommt hier und da im Niederwalde und im Mittelwalde als Unterholz vor, wo sie sich durch die reichlich erfolgende Wurzelbrut sehr geschlossen erhält. Im kurzen Umtriebe ertragreich, jedoch nur auf sehr gutem Boden. Reifstäbe. Pulverkohlen.

c. Die Weichselkirsche, **Prunus Mahaleb Linn.**,

wächst in den Gebirgen des südlichen Deutschland auf steinigem mageren Boden, wird ein 2—3 Meter hoher Strauch, dessen schlanke Schößlinge wegen ihres angenehmen Geruches unter dem Namen Weichselröhre zu Pfeifenröhren verarbeitet und weit verführt werden. Blüthe im Mai; Fruchtreife im Juli oder August. Umtrieb im Niederwalde 15—25jährig. Ausschlagfähigkeit bis ins höhere Alter groß.

d. Die Gartenpflaume, **Prunus domestica Linn.**, und e. die Gartenschlehe, **Prunus insititia Walt.**,

sind kein Gegenstand der Forstkultur, wohl aber hier und da verwildert.

f. Die Schlehenpflaume, **Prunus spinosa Linn.**, auch Schlehendorn, Schwarzdorn genannt.

Ein 3—4 Meter hoher, dornenreicher Strauch, der in der Nähe von Salinen ein geschätztes Material für die Gradierwerke liefert, und sich darin bis 20 Jahre lang erhält. Erziehung durch Saat und Auspflanzen der Stämmchen. Fortpflanzung reichlich durch Wurzelbrut bei tiefem Hieb der Mutterstöcke.

Achtes Kapitel.

Schmetterlingsblumige Holzarten (Papilionaceae).

Der Kelch napf-, glocken- oder röhrenförmig, am Rande fünftheilig, oft zweilippig. Blumenkrone fünfblätterig, auf dem Kelche befestigt, schmetterlingsförmig. Zehn unter sich verwachsene Staubgefäße: Fruchtknoten frei, einfächerig mehrsamig, erwächst zu einer Schotenfrucht.

Schoten-Dorn. Robinia Pseudacacia Linn.

Ein Baum zweiter Größe, mit 9—17fiedrigen Blättern und hängenden, vielblumigen, weißen, monadelphischen Blüthentrauben und dornigen Aesten. Aus Nordamerika eingeführt.

Blüthe im Juni.

Früchte reifen im Oktober, bleiben aber den Winter über am Baume hängen. Mannbarkeit oft schon vor dem fünfzehnten Jahre; fast jährlich Samen.

Der Same hält sich viele Jahre hindurch keimfähig und geht sehr gut auf.

Die junge Pflanze wächst in der Jugend rascher, als irgend eine unserer Holzarten; ich habe 1jährige Samenpflanzen von 2 Meter Höhe und über 1 Centim. Stammdurchmesser gezogen. Die Wurzeln gehen nicht tief

in die Erde, sondern verlaufen flach und weit in strickförmigen Strängen in der Oberfläche des Bodens schon im ersten Jahre 2—3 Schritt weit.

Der Stamm ist abholzig, mit niedrig angesetzter, weit verbreiteter, sperriger Krone. Belaubung: licht, wenig schattend und den Boden wenig bessernd.

Betrieb: im Hochwalde wegen großer Brüchigkeit nicht rathsam; als Schlagholz in 10—15jährigem Umtriebe ausgezeichnet wegen des raschen Wuchses der reichlich erfolgenden Stockausschläge und der Verdichtung durch Wurzelbrut.

Fortpflanzung: leicht durch Samen, seit diese Holzart sich an unser Klima gewöhnt hat. Sie verträgt keinen Schatten, und kann im Freien erzogen werden.

Benutzung. Das Akazienholz übertrifft in der Dauer selbst das Eichenholz, ist sehr fest, nimmt schöne Politur an, und gibt daher ein gutes Material für Tischler, Wagner und Maschinenbauer. Ausgezeichnet durch seine Dauer ist es zu Wein- und Baumpfählen. Zu Schiffsnägeln sehr gesucht.

Beschützung. Durch richtige Wahl des Standorts gegen Windbruch, durch späte Saat gegen Spätfröste, durch frühen Hieb gegen Frühfröste; in den ersten Jahren gegen das Schälen der Stämme von Hasen und Kaninchen. Der allerdings recht große Uebelstand, daß die abfallenden Aeste durch ihre Dornen die suchenden Hunde oft Wochen lang aufs Krankenlager bringen, hat dieser, auf geschütztem Standorte so sehr empfehlenswerthen Holzart die Sympathien aller der Forstleute entzogen, die zugleich Jäger sind. Wildungen hat sie in dieser Richtung besungen und mit der Wildkatze gleichgestellt.

Neuntes Kapitel.

Die Ahorne (Acerineae).

Bäume erster und zweiter Größe mit gegenüber stehenden, einfachen, meist gelappten Blättern und achselständigen Traubenblüthen oder Doldentrauben, bilden eine besondere Familie, die der Acerineen. Die einzelnen Zwitterblumen zeigen eine fleischige, scheibenförmige Anschwellung des Blumenstiels, Scheibe (Discus) genannt. Die Scheibe ist von einem fünf- bis neuntheiligen Kelche begrenzt, dessen innerer Seite ebenso viel Blumenblätter entspringen. In der Mitte der Scheibe steht der zweikammrige Fruchtknoten, um welchen meist 8 Staubgefäße gestellt sind. In einzelnen Blumen verkümmert der Fruchtknoten, die dann bloß männliche Befruchtungswerkzeuge tragen. Die Frucht ist eine am Grunde verwachsene doppelte Flügelfrucht.

Wir zählen drei einheimische Arten: den gemeinen, Spitz- und Feldahorn. Ersterer unterscheidet sich durch hängende Blüthetrauben, die bei letzteren doldenförmig und aufgerichtet stehen; der Spitzahorn, von den beiden anderen Arten durch die lang und fein zugespitzten Lappen der Blätter.

a. Der gemeine Ahorn, Acer pseudo-platanus Linn., auch Bergahorn genannt.

Die Blüthen erscheinen im Mai.

Die Frucht reift im September und fliegt noch in demselben Monate

ab, unter gewöhnlichen Verhältnissen sich nicht über 15—20 Schritte vom Mutterstamme verbreitend. Mannbarkeit der Samenpflanzen selten vor dem vierzigsten Jahre, der Stocklohden viel früher.

Der Same läßt sich ohne Verlust der Keimkraft bis zum nächsten Frühjahre aufbewahren; er hält sich zwar noch länger, verliert aber dann bedeutend an Güte. Nach der Frühsaat keimt der Same in 5—6 Wochen unter 1 Centim. Erddecke.

Die junge Pflanze wird im ersten Jahre selten über 8—10 Centim. hoch; tiefer dringt sie mit einer bestimmten Pfahlwurzel, aus der nur wenig kurze Faserwurzeln entspringen, in die Erde. Vom zehnten Jahre ab erhält der Wuchs der Seitenwurzeln das Uebergewicht und die Pfahlwurzel bleibt zurück. In den ersten Jahren erträgt der Ahorn starke Beschattung, muß aber spätestens im fünften bis sechsten Jahre frei gestellt, kann übrigens recht gut ganz im Freien erzogen werden, wo er nur in den ersten Monaten, so lange er noch die Samenblätter trägt, leicht von Spätfröften leidet.

Der Stamm erreicht, im Schlusse erwachsen, nicht selten eine Länge von 13—14 Meter, ist etwas abholziger als der der Rothbuche und nicht so regelmäßig abgerundet. Auch im Freien reinigt er sich auf 6—7 Meter und höher von Aesten, ist daher für den Mittelwaldbetrieb geeignet. Man kann die Stammholzmasse auf 65 Proc. der gesammten Holzerzeugung einzelner, im mäßigen Schluß erwachsenen Stämme ansetzen.

Die Krone ist nahe die der Rothbuche mit einer größeren Menge starker Aeste, besonders im höheren Alter. Holzmasse 15—20 Proc., worunter 5—6 Proc. Reiserholz.

Die Belaubung ist reich, doch durch die unregelmäßige Stellung des Laubes weniger beschattend als die der Rothbuche. Nur ganz starke Stämme verdämmen beinahe in gleichem Grade. Bodenbesserung gleich der Rothbuche.

Die Bewurzelung ist im höheren Alter zahlreich und starkäftig, mehr nach dem Wurzelstocke hin gedrängt, so daß die Rodung eine reiche Ausbeute von 20—25 Proc. der gesammten Holzmasse ergibt.

Betrieb im Hochwalde meist in Untermengung mit Rothbuchen und Eichen. Im Mittelwalde ebenso ausgezeichnet als Oberholz, wie als Unterholz, zu letzterem aber nur aus Kernloden überzuhalten, da Stockloden leicht kernfaul werden. Im Niederwalde, in 25—30jährigem Umtrieb, äußerst ertragreich, auch als Schneidelholz im 5—8jährigen Umtriebe.

Fortpflanzung. Meist in Buchensamenschlägen, da der Ahornanflug die Beschattung längere Zeit ganz gut erträgt und im Buchenboden gut gedeiht; sicherer noch ist die Erziehung in Saat- und Pflanzkämpen und Auspflanzen in die Buchenorte als Lode und Heister, weil die Ahorne sehr vom Wild beschädigt werden. Im Niederwalde erfolgt der Ausschlag dicht über der Erde reichlich bis ins 40ste Jahr. Die Loden wachsen sehr rasch, der Mutterstock hält aber nicht lange aus, daher häufige Ergänzung nothwendig wird.

Benutzung. Zu Bauholz ist der gemeine Ahorn wegen geringer Dauer nicht gut; geschätzt ist er wegen schöner Textur zu Möbeln, wegen seiner Härte und Gleichförmigkeit der Fasern zu Wagner- und Schnitznutzholz. Ausgezeichnet als Brennholz. Laub zum Schaffutter; Säfte zuckerreich.

Beschützung in der Jugend gegen Frost, Graswuchs und Verbeißen. Spätfröste schaden ihm in der Ebene häufiger als dem Spitzahorn.

b. **Der Spitzahorn**, Acer platanoides Linn.,

stimmt im Wesentlichen mit dem gemeinen Ahorn überein, erreicht aber nicht die Höhe und Stärke, auch nicht das hohe Alter desselben. Das Holz ist etwas fester und härter, dagegen weniger fein, dicht und weiß als das der vorigen Art. Der in den jungen Trieben und Blattstielen milchige Lebenssaft unterscheidet diese Art von der vorigen. Der Holzsaft ist zuckerreicher als bei jenen.

c. **Der Feldahorn**, Acer campestre Linn., auch Masholderahorn genannt,

findet sich bei uns gewöhnlich nur als Strauch von mittlerer Größe; im Flußboden wächst er jedoch mitunter zu Bäumen von 15—16 Mtr. Höhe, $1/3$—$2/3$ Mtr. Stammdurchmesser und bis 3 Cbmtr. Holzmasse heran. Als Baumholz ist sein Wuchs jedoch sehr langsam, weßhalb er fast nur als Schlagholz im Mittel- und Niederwalde geduldet wird. Im Mittelwalde ist er deßhalb gut, weil er etwas mehr Schatten erträgt als die vorgenannten Arten; hier und im Niederwalde vermehrt er sich reichlich durch Wurzelbrut(?) und liefert im 15—20jährigen Umtriebe einen reichen Ertrag; auch wird der Masholder nicht so sehr verbissen, wie die übrigen Ahorne. Der Same soll oft ein Jahr über liegen, ehe er aufgeht.

Das Holz des Masholder zeichnet sich durch seine außergewöhnliche Zähigkeit aus; es gibt, von jungen Kernstämmen genommen und über Kreuz gespalten, Büchsenladestöcke, die sich um den Arm wickeln lassen und kaum zu verwüsten sind. Von Tischlern wird er wegen der schönen geflammten Textur, von Drechslern und Maschinenbauern wegen seiner Festigkeit gesucht. Bekannt ist seine Verwendung zu den geflochtenen Fuhrmannspeitschen.

d. **Der dreilappige Ahorn**, Acer monspessulanum Linn.;

sehr vereinzelt und strauchwüchsig im südöstlichen Deutschland.

Zehntes Kapitel.

Die Roßkastanien (Hippocastaneae),

stimmen in der Blüthebildung in Manchem mit den Ahornen überein, so daß sie früher der Familie der Ahorne zugezählt wurden; die große Verschiedenheit der lederartigen 1—3fächerigen, 1—3samigen Kapselfrucht trennt sie jedoch, wie der übrige Bau, bestimmt von jenen, so daß sie nach den neueren Botanikern eine besondere Familie, die der Hippokastaneen, bilden. Nachfolgend eine, seit Jahrhunderten einheimisch gewordene Art:

Die Roßkastanie, Aesculus hippocastanum Linn.

Blüthe im Mai.

Frucht reift Ende September, Anfang Oktober, fällt dann ab und schüttet den Samen aus. Mannbarkeitseintritt im 20—25sten Jahre.

Der Same verlangt eine starke Erddecke und keimt im folgenden

Frühjahre 3—4 Wochen nach der Aussaat. Wo möglich mache man die Saaten im Herbste, da sich der Same nicht gut überwintern läßt. Am besten hält er sich, wenn man ihn, an vor Mäusen und Wild geschützten Orten flach auf den Rasen ausschüttet und schwach mit Laub bedeckt, welches durch Reiser festgehalten wird.

Die junge Pflanze erscheint mit Zurücklassung der Kernstücke im Boden und erreicht schon im ersten Jahre eine Höhe von 15—20 Cent. In der Erde entwickelt sie eine kurze dicke Pfahlwurzel, aber sehr viele weit ausstreichende Seitenwurzeln, die sich später zu einstämmiger Herzwurzel ausbilden, bei einem großen Reichthum feiner Faserwurzeln. Durchaus freier Stand ist ihr in der Jugend, besonders an sonnigen Freilagen, sehr zuwider; am besten gedeiht sie bei starkem Seitenschatten, verträgt sogar eine mäßige Ueberschattung.

Gegenstand der Forstkultur ist die Roßkastanie selten, häufig aber wird sie vom Forstmann zu Alleebäumen und für Thiergärten erzogen, wo sie dem Wild eine treffliche Aesung abwirft. Die Beschattung ist sehr stark, daher diese Holzart sich nicht für den Mittelwald eignet. Das Holz ist in jeder Hinsicht schlecht und hat nur für Tischler und zu Schnitzarbeiten besondern Werth. Die Rinde ist reich an Gerbstoff, die Früchte sind ein gutes Viehfutter.

Elftes Kapitel.

Die Linden (Tiliaceae).

Bäume erster Größe, deren langgestielte Blüthedolden Zwitterblumen tragen. Die Blüthe mit 5theiligem Kelche, 5blättriger Blumenkrone und einfachem, langstieligem, einnarbigem Fruchtknoten, umstanden von vielen, dem Fruchtboden aufgewachsenen Staubfäden. Frucht eine mehrfächrige, jedoch meist einsamige, nicht aufspringende Kapsel, Blattstand abwechselnd; Blätter herzförmig.

Wir zählen zwei einheimische Arten dieser Gattung: die gemeine und die großblättrige Linde. Letztere unterscheidet sich von Ersterer durch wenige, meist nur dreiblumige Blüthenbüschel (daher pauciflora Hayne), durch die gleichförmige Vertheilung der stärkeren Behaarung auf den beiderseits gleichfarbig grünen Blättern, während bei der viel häufiger vorkommenden, gemeinen Linde die untere Blattfläche bläulichgrün, und die Behaarung in die Achseln der Blattrippen bärtig zusammengedrängt ist. Eine Unterscheidung dieser letzteren in zwei Abarten: T. vulgaris und parvifolia läßt sich kaum rechtfertigen. T. alba fehlt in unseren Wäldern gänzlich. Die großblättrige Linde T. platyphylla ist selten; häufig nur in Gärten und Parkanlagen.

Die gemeine Linde, Tilia europaea Linn., auch Berglinde, Winterlinde, Steinlinde genannt.

Blüthe gegen Ende Juni.

Frucht reift im Oktober und fliegt bald darauf ab; es bleibt jedoch häufig Same den Winter über auf den Bäumen. Freistehende Bäume tragen meist schon mit dem 25sten Jahre Samen. Samenjahre häufig.

Der Same keimt erst ein Jahr nach der Aussaat im Frühjahre; wenigstens habe ich diese den bisherigen Angaben widersprechende Beobachtung vor mehreren Jahren in großer Ausdehnung in unserem Forstgarten gemacht. Man muß daher dem Samen eine starke Decke geben, wenn er während der langen Samenruhe nicht von Mäusen und Vögeln, die ihm sehr nachgehen, verzehrt werden soll. Er läßt sich gut aufbewahren, daher man ihn, um die Zeit möglichst abzukürzen, in welcher er dem Mäuse- und Vögelfraß ausgesetzt ist, erst im Frühjahre säet.

Die junge Pflanze hebt das schlauchförmige Kernstück wie die Nadelhölzer und die Esche, als ein deckendes Mützchen über die Erde empor. Die ersten Blätter sind fünflappig wie Ahornblätter. Sie bleibt im ersten Jahre über der Erde sehr klein, verbreitet sich weit unter der Erde, verträgt Schatten, kann aber auch im Freien erzogen werden.

Der Stamm reinigt sich nur im Schlusse von Aesten und bildet dort einen vollholzigen regelmäßigen Schaft; man kann hier 65—70 Proc., im Freien höchstens 60 Proc. Stammholzmasse rechnen.

Die Krone ist im Freien sehr tief angesetzt, voll und starkästig, so daß man 25—30 Proc. Kronholz rechnen muß.

Belaubung sehr verdämmend, fast dunkler als die der Rothbuche, wie diese der Bodenbesserung förderlich.

Bewurzelung: starkästige, sehr tief gehende Herzwurzel mit vielen schwachen weit ausstreichenden Seitenwurzeln, daher trotz der großen Wurzelmenge die Rodung gewöhnlich nicht über 12—15 Proc. erträgt.

Betrieb im Hochwalde, jedoch selten rein, meist in Untermengung mit anderen, sowohl Laub- als Nadelhölzern; im Mittelwalde weder als Oberholz wegen der starken Beschattung, noch als Unterholz wegen Empfindlichkeit gegen Beschattung als Schlagholz zu dulden. Im Niederwalde am ergiebigsten im 20—25jährigen Umtriebe. Als Kopf- und Schneidelholz benutzbar.

Fortpflanzung: im Hochwalde meist durch Auspflanzen in Pflanzgärten erzogenen Kernwuchses; im Niederwalde durch Wurzelbrut (?) und Absenker. Ausschlag im Niederwalde bei langer Dauer der Mutterstöcke sehr reichlich und kräftig.

Benutzung wegen Feinheit der Textur, Weiche und der weißen Farbe zu Möbeln-, Bildschnitzer- und Drechslerarbeiten sehr gesucht; als Brennholz schlecht. Die Rinde des Schlagholzes liefert den Bast, die Blätter ein mittelmäßig gutes Futterlaub, der Same ein treffliches Speiseöl.

Beschützung: gegen Graswuchs, Dürre und Verbeißen.

Außer den genannten Holzarten finden wir in unsern Wäldern einzeln und zufällig:

Hartriegel (Cornus Mascula, sanguinea),
Hollunder (Sambucus nigra, racemosa),
Wegdorn (Rhamnus catharticus, Frangula),
Schneeballen (Viburnum Opulus, Lantana),
Rheinweide (Ligustrum vulgare),
Spindelbaum (Evonymus europaeus, verrucosus, latifolius),
Pimpernuß (Staphilea pinnata),

Heckenkirschen (Lonicera xylosteum, periclymenum, alpigena, caerulea),
Seekreuzdorn (Hippophäe rhamnoides),
Sumach (Rhus cotinus),
Sauerach (Berberis vulgaris),
Johannisbeere (Ribes alpinum, nigrum),
Eibe (Taxus baccata),
besonders in Nieder- und Mittelwäldern. Sie werden da, wo sie vorkommen, mit benutzt, sind aber, wie auch manche der in den genannten Familien aufgeführten Arten selten Gegenstand des Anbaus, weßhalb ich hier nicht weiter auf ihre nähere Beschreibung eingehe.

Dritter Abschnitt.

Von den Forstunkräutern.

Unter Forstunkräutern versteht man diejenigen Waldgewächse, welche in größerer Ausdehnung dem Wuchse der forstlichen Kulturpflanzen hinderlich werden. Sie zerfallen in zwei Abtheilungen, in:

1) bedingte und
2) unbedingte

Forstunkräuter. Bedingte Forstunkräuter sind Waldgewächse, welche den forstlichen Kulturpflanzen angehören, örtlich Gegenstand des Anbaues und der Nachzucht sind, an anderen Orten aber dem Wuchse nutzbarer, begünstigter Holzarten entgegen stehen. Dahin gehören z. B. Birken, Pappeln, Weiden, Linden, ja selbst Nadelhölzer, überhaupt Holzarten, welche durch größere und leichtere Fortpflanzungsfähigkeit und durch rascheren Wuchs in der Jugend die Schläge überziehen und begünstigte, langsamer wachsende Holzarten übergipfeln und unterdrücken. Diese bedingten Forstunkräuter haben wir bereits im vorigen Abschnitte kennen gelernt, und ich kann mich daher hier auf die Angabe derjenigen Mittel beschränken, welche dem Forstmanne zu Gebot stehen, ihrer nachtheiligen Wirkung entgegen zu arbeiten. Diese sind:

1) Hinwegräumung der Mutterbäume solcher Holzarten aus Orten und deren Nachbarschaft, die der Verjüngung oder dem Anbaue unterworfen werden sollen, mehrere Jahre vor der beabsichtigten Verjüngung, gewöhnlich in der letzten Durchforstung.

2) Erhaltung des Schlusses der zu verjüngenden Bestände bis zur beabsichtigten Verjüngung, da die bedingten Forstunkräuter nur in lichteren Orten sich ansiedeln.

3) Hieb in der Saftzeit bei solchen Hölzern, die dagegen empfindlich sind; im Sommer nach der Saftzeit, bei denen dieß nicht der Fall ist, um die erfolgenden Ausschläge nicht bis zum Verholzen kommen und durch die Winterkälte vernichten zu lassen.

4) Fleißiger Betrieb, der zu verjüngenden Orte mit Weidevieh zur Ver-

tilgung der bereits vorhandenen Samenpflänzchen und des nach dem Aushiebe erfolgenden Wurzel- und Stockausschlages.

5) Fleißiger Aushieb der bedingten Forstunkräuter aus dem Wiederwuchse, ehe sie verdämmend werden in der Saftzeit oder später.

6) Hinwegnahme derselben in den Durchforstungen.

Unbedingte Forstunkräuter sind solche, die, den Forstkulturpflanzen nachtheilig, selbst nie Gegenstand der Forstkultur sind, wenn sie auch, wie z. B. Wachholder, Besenpfrieme, da, wo sie bereits vorhanden, ein Gegenstand der Benutzung sind. Aber selbst diese unbedingten Forstunkräuter sind dieß nicht auf jedem Standorte und da ziemlich harmlose Gewächse, wo sie eine Neigung zu reicher Vermehrung und üppiger Entwickelung nicht schon längst kund gegeben haben. Die gefürchtetsten Forstunkräuter, wie der Adlerfarre des Seestrandes, die Tollkirsche des Westerwaldes, die Rehhaide des Odenwaldes, die Himbeere, der Wachholder Pommerns, der warzige Spindelbaum Ostpreußens, der Kienporst Oberschlesiens kommen zwar an anderen Orten auch vor, aber nicht in gefahrdrohender Menge nebeneinander üppig sich entwickelnd. Wir wollen in Folgendem die wichtigsten derselben, und zwar zuerst die Holzpflanzen, dann die Kräuter und endlich die Gräser näher betrachten.

Erstes Kapitel.

Von den holzigen Forstunkräutern.

a. Immergrüne Gesträuche.

1. Wachholder, Juniperus communis Linn.

Ein Nadelholzstrauch, selten baumartig, mit blauen Beerenzapfen, und wirtelständigen Nadeln.

Standort: nur auf kräftigem gemäßigt feuchtem, sandigem Lehm und Lehmboden wächst er so dicht und überzieht so große Stellen, daß er der Forstkultur hinderlich wird. Im trocknen Sande stellt er sich stets vereinzelt, und ist hier eher Hülfe als Hinderniß der Kultur.

Wuchs langsam, selbst in der Jugend.

Fortpflanzung nur durch den Samen. Blüthe im Mai; Fruchtreife im Herbst des folgenden Jahres.

Vertilgung: genügend durch Aushieb. In Schlägen kann man, bei Mangel an Samenbäumen, ausgeästete stärkere Stämme zum Schutze in den ersten Jahren überhalten.

2. Hülse, Ilex Aquifolium Linn.

Ein 3—5 Mtr. hoher Strauch mit lederartigen, am Rande langstacheligen Blättern und rothen Beerenfrüchten.

Standort: nur im lehmigen fruchtbaren Boden oder im nassen Sande, auch unter dem Schatten anderer Hölzer, selbst unter Buchen, auch im rauheren Klima, häufig in Küstenwäldern.

Wuchs: langsam, aber schon in der Jugend durch dichten Stand und breite Blätter verdämmend.

Fortpflanzung: durch Samen. Blüthe im Mai, Fruchtreife im Oktober. Same liegt $1^1/_2$ Jahr im Boden.

Vertilgung durch Aushieb. Bei länger dauernder Freistellung verschwindet die Hülse allmählig von selbst.

3. Heide, Erica (Calunna) vulgaris Linn.

Erdholzstrauch; selten über $^2/_3$ Mtr. hoch, mit gegenüberstehenden, schuppig anliegenden Blättern und rothweißen, glockenförmigen Zwitterblumen.

Standort: auf trocknem unfruchtbarem Sandboden und lehmigem Sandboden, in freier oder wenig beschatteter, sonniger Lage.

Wuchs schwachästig, der untere Stammtheil am Boden kriechend, verschlungen und dichten Bestand bildend; die Endzweige aufgerichtet. Stämme von 2 Cent. Durchmesser sehr selten. Wurzelfilz sehr dicht. Bildet adstringirenden Humus, indem nur die Eiche, Kiefer und Birke gedeiht.

Fortpflanzung durch Samen und Absenker. Blüthe im August, Samenreife im Oktober.

Vertilgung mit der Hacke durch Abschälen der oberen Erdschicht (Plaggenhauen), jedoch nur dann nothwendig, wenn die Heide einen dichten Filz bildet. Bei Kulturen genügt eine platz= oder streifenweise Verwundung, da die Heide den verwundeten Boden nur langsam wieder überzieht; die gänzliche Räumung wird nicht allein sehr kostbar, sondern führt auch ein nachtheiliges Austrocknen des Bodens mit sich. Das Abbrennen der Heide steigert zwar die Fruchtbarkeit des Bodens in den nächsten Jahren bedeutend, ruft aber einen starken Graswuchs hervor, der dem Wiederwuchse oft nachtheiliger wird als die bleibende Heide es ist.

4. Die Preußelbeeren, Vaccinium Vitis Idaea Linn.

Ein selten mehr als 15—20 Cent. hoher Erdholzstrauch mit traubenförmigen, weißen, glockenförmigen Zwitterblumen und rothen säuerlich süßen Beeren.

Standort: vorzugsweise den Gebirgswäldern mit feuchtem lockerem Boden eigenthümlich, doch auch in den Ebenen Norddeutschlands mitunter weit verbreitet, besonders ist sie den Hochwäldern eigen, wächst zwar im mäßigen Schatten, verschwindet aber nicht durch Freistellung, sondern gedeiht recht gut im Freien.

Wuchs zwar dicht aber nicht filzig, einzelstämmig, so daß die Preußelbeere in den Schlägen selten nachtheilig wird. Nur den ganz leichten wolligen Samen hält das Kraut vom Keimbette zurück.

Vertilgung durch die Hacke nur beim Anbau nöthig.

5. Bärenbeere, Arbutus Uva-ursi Linn.

Ein kriechendes immergrünes Erdholz; im Mai mit glockenförmigen Zwitterblüthen, im September mit runder, saftiger, rother 5 bis 6 samiger Beere.

Standort: auf trocknem, sandigem, unfruchtbarem Boden; im südlichen Deutschland auch im Gebirge; bei uns mitunter, doch selten, in Kiefernbeständen kleine Flächen dicht überziehend.

Wuchs: niedrig, $^1/_2$—$^2/_3$ Mtr. lange Aeste von einem Mutterstocke aus auf dem Boden fortkriechend, Hindert selten die Besamung.

Vertilgung: durch Abhieb des Mutterstocks mit der Hacke.

6. Kiehnporst, Ledum palustre Linn.

Ein $^2/_3$—1 Mtr. hoher Strauch, im Juni und Juli mit doldenförmigen weißen Zwitterblumen, im September mit brauner fünffächriger Samenkapsel. Die immergrünen, lanzettförmigen Blätter oben grün, unten braunhaarig, am Rande gerollt.

Standort: auf feuchtem und nassem Moor und Sumpfboden.

Wuchs: mitunter so dicht, daß jeder andere Pflanzenwuchs zurückgehalten wird.

Vertilgung: der Kiehnporst wirkt nicht allein nachtheilig durch Verdämmung, sondern auch durch den aus ihm sich bildenden, sehr adstringirenden Humus, in welchem keine andere Holzart gedeiht. Man kann den Boden daher nicht anders kultiviren, als durch Entwässerung mittelst Abzugsgräben und Abschälen oder Verbrennen der obersten Humusdecke.

b. Sommergrüne Gesträuche.

7. Die Heidelbeere, Vaccinium Myrtillus Linn.

Ein sommergrüner Erdholzstrauch von höchstens $^1/_2$ Meter Höhe, im Mai und Juni mit röthlichen glockenförmigen Zwitterblumen, im Juli und August mit blauschwarzen saftigen Beeren.

Standort im nördlichen Deutschland: die Ebenen und der Meeresboden, im südlichen das Gebirge, auf trocknerem Boden, besonders an Abend- und Mitternachthängen. Liebt Schatten, verträgt sogar starke Beschattung, und läßt nach der Freistellung bedeutend im Wuchse nach.

Wuchs über der Erde nur dann sehr dicht und hindernd, wenn sie stark und oft verbissen wird; desto filziger unter der Erde; der Verjüngung jedoch selten hinderlich.

Vertilgung: wo es nöthig sein sollte, durch die Hacke platz- oder streifenweise. Da die Vaccinien selbst einen fruchtbaren Humus bilden, so ist die Vertilgung durch Feuer nicht vortheilhaft.

8. Himbeere, Rubus Idaeus Linn.

Ein 1—$1^1/_2$ Meter hoher Strauch, mit unpaar gefiederten, drei bis siebenzähligen Blättern und einzeldornigen Blattstielen; im Mai und Juni mit weißen, fünfblätterigen, vielweibigen Blüthedolden, im August mit rothen wohlschmeckenden Beeren.

Standort: besonders in Buchen und geschlossenen Eichenwaldungen, auf bindendem feuchtem Boden in der Ebene und in Vorbergen.

Wuchs und Fortpflanzung: die schlanken, langen Stengel werden im zweiten Jahre fruchttragend, und gehen nach ein- oder zweimaligem Fruchttragen, gewöhnlich im vierten Jahre ein, während jährlich neue Schößlinge aus Samen und Wurzelausschlägen entstehen, die mitunter so dichten Bestand bilden, daß jeder andere Pflanzenwuchs unter ihnen behindert wird.

Durch die stark wuchernde Wurzelbrut überziehen sich die Schläge rasch und dicht mit diesem Unkraut, so daß in vielen Jahren keine Besamung anschlagen kann und die bereits vorhandenen Samenpflanzen unterdrückt werden. Erfahrungsmäßig ist es zwar, daß die Himbeere nach 8—10 Jahren von selbst wieder verschwindet, wahrscheinlich in Folge der durch die Ausbreitung der Kronen vermehrten Beschattung; allein der Verlust bis dahin ist groß genug, um die größte Sorgfalt auf Verhinderung des Auftretens zu verwenden.

Vertilgung. Wenn die Erfahrung lehrt, daß eine Oertlichkeit dem Wuchs und der Vermehrung der Himbeere günstig ist, müssen die Vorbereitungs- und Dunkelschläge jährlich sorgfältig revidirt, und die sich zeigenden jungen Pflänzchen mit der Wurzel ausgezogen werden. Versäumt man dieß, und hat die Himbeere sich einmal ausgebreitet und bewurzelt, so ist dem Uebel kaum mehr zu steuern, indem das Abschneiden der Triebe die Wurzelbrut nur in höherem Grade hervorruft, beim Ausreißen oder Aushacken doch immer noch Wurzeln genug im Boden bleiben, um im nächsten Jahre einen neuen Bestand zu bilden.

9. Besenpfrieme, Sarothamnus Scoparium Linn.

Ein 1—2 Meter hoher Strauch, mit strahligen, wenig blätterigen Aesten. Blätter rundlich, meist gedreit. Im Mai und Juni mit großer, schön gelber Schmetterlingsblume; im August und September mit breiter, brauner mehrsamiger Hülse. Zweige fünfkantig.

Standort: auf trockenem, sandigem Lehm und lehmigem Sand, in freier sonniger Lage im milden Klima. Im Gebirge besonders an den Sommerhängen.

Wuchs: unter günstigen Verhältnissen rasch und durch ihre reiche Vermehrung aus Samen große Flächen dicht überziehend; und dann der Verjüngung und dem Anbau nachtheilig; mehr vereinzelt, wenig verdämmend und hindernd, auf dem ihr eigenen trockenen Boden; dann mehr vortheilhaft als nachtheilig. Schatten erträgt die Pfrieme nicht und erfriert häufig in kalten Wintern.

Vertilgung: durch Aushieb vor der Samenreife, gemeinhin gegen Abgabe des Materials ohne große Kosten zu bewirken.

Seltener und nur in geringer Ausdehnung zeigen sich unter ähnlichen Verhältnissen den Holzwuchs behindernd:

10. Ginster, Genista germanica Linn.
11. Hauhechel, Ononis spinosa Linn.
12. Heckfame, Ulex europaeus Linn.

Vertilgung wie bei der Besenpfrieme.

13. Der rothe Hollunder, Sambucus racemosa Linn., und
14. Die Hollunderstaude, Sambucus Ebulus Linn.,

zeigen sich, besonders in Gebirgsforsten, mitunter in Buchenschlägen, jedoch in nicht großer Ausdehnung hinderlich. Vertilgung durch Aushieb; Sambucus Ebulus durch Rodung im Sommer.

15. Der warzige Spindelbaum, Evonymus verrucosus Scopoli,

wird in Ostpreußen hier und da in den Schlägen hinderlich. Aushieb.

Zweites Kapitel.

Von den Stauden und Kräutern.

16. Tollkirsche, Atropa Belladonna Linn.

Eine 1—2 Meter hohe ausdauernde Staude mit eiförmigen, ganzrandigen Blättern, im Juli und August mit fünfmänniger, einweibiger, braunrother Blüthe, ähnlich der Kartoffelblüthe; im September mit kirschenähnlicher, braunschwarzer, zweifächeriger, sehr giftiger Beere. Standort fast nur in Gebirgen, besonders in Buchenschlägen, diese mitunter ganz überziehend. Gehört zu den schädlichsten. Vertilgung durch Rodung vor der Samenreife.

17. Fingerhut, Digitalis purpurea und ambigua Linn.,

$^2/_3$—1 Meter hohe, zweijährige Stauden mit lanzettförmigen, am Rande gekerbten Blättern, im Juni und August mit schön gefärbter, fingerhutähnlicher, einweibiger, zweimänniger Blume; im September mit zweifächerigen, klaffenden Kapselfrüchten. Standort ebenfalls vorzugsweise in den Buchenschlägen und Mittelwäldern der Gebirgsforste und der Flußniederungen. Gehört ebenfalls zu den schädlichsten Forstunkräutern. Vertilgung durch wiederholtes Abschneiden nach der Blüthe und vor der Samenreife.

18. Eberich, Epilobium angustifolium Linn.

Eine ausdauernde Staude mit $^2/_3$—1 Meter hohen Stengeln, mit schmalen, lanzettförmigen, fast ganzrandigen Blättern; im Juli und August mit blaurothen, vierblätterigen, einweibigen, achtmännigen Blüthen in aufrechten Trauben; im September mit vierklappiger, den wolligen Samen enthaltender Kapselfrucht; Standort und Vertilgung wie bei den vorigen.

19. Hartheu, Hypericum hirsutum Linn.

Ausdauernd. Stengel $^1/_3$—$^1/_2$ Meter hoch, ästig, haarig, mit länglichen, durchsichtig getipfelten, unten weichhaarigen Blättern; im August mit gelben, fünfblätterigen, dreiweibigen, vielmännigen Blumen, deren Staubfäden in 3—5 Bündel verwachsen sind. Im September mit drei- bis fünffächerigen, vielsamigen Kapseln. Im Gebirge auf trocknerem, schattigem Boden. Vertilgung wie bei den vorigen.

20. Günsel, Ajuga reptans Linn.

Staude mit vierkantigem, glattem Stengel und kriechenden Wurzelsprossen. Blätter breit, eiförmig, gewimpert. Im Mai und Juni mit blauen oder weißen, wirtelständigen, zweiweibigen, viermännigen Lippenblumen; Staubfäden ungleich; im August mit vier nackten, nußartigen Samenkörnern. Besonders den Saatkulturen durch Ueberrasen der Saatplätze nachtheilig.

21. Taubnessel, Lamium maculatum Linn.

Stengel $^2/_3$—1 Meter hoch, mit herzförmigen, zugespitzten, gesägten, oft weißfleckigen Blättern; im Mai und Juni mit rothen wirtelständigen

Lippenblumen. Befruchtungstheile wie bei Ajuga; Unterlippe mit einem dunklern Flecken. Auf lichten Schlägen und Kulturen; weniger wichtig. Ebenso

22. Waldnessel, Galeobdolon luteum Hudt. 23. Zieft, Stachys germanica Linn. 24. Wirbeldoste, Clinopodium vulgare Linn. 25. Hieracium sylvaticum. 26. Mercurialis. 27. Impatiens. 28. Verbascum. 29. Senecio. 30. Spergula.

Die Vertilgung der ein- und zweijährigen Forstunkräuter geschieht durch Abschneiden mit der Zahnsichel in der Zeit nach der Blüthe und vor der Samenreife; ersteres, da sie sonst wieder ausschlagen, letzteres, um die Fortpflanzung durch den ausfallenden Samen zu verhindern. Die Vertilgung der ausdauernden Staudengewächse hingegen kann nur durch Rodung bewirkt werden, indem die abgeschnittenen Pflanzen zu jeder Zeit vom Stocke oder den Wurzeln wieder ausschlagen und sich nur um so mehr verdichten.

Drittes Kapitel.

Von den Binsen und Gräsern.

Sie fordern alle einen höheren Grad der Lichteinwirkung, Feuchtigkeit des Bodens und der Luft. Daher sieht man sie in geschlossenen schattigen Beständen, unter der Traufe schattender Bäume ebenso wenig, wie auf trockenen Blößen üppig wachsen, sondern nur in einzelnen, wenig verbreiteten und kärglich wachsenden, die Kultur der Holzpflanzen nicht behindernden Pflanzen auftreten. Am günstigsten ihrem Gedeihen ist die Zeit, in der die Bestände Behufs der Verjüngung ausgelichtet werden, weil sie dort nicht allein das nöthige Licht, sondern auch, in Folge des noch reichlich vorhandenen Waldhumus, dessen Wasser anziehende und bindende Kraft wir bereits kennen gelernt haben, die nöthige Feuchtigkeit vorfinden. Eine Ursache des größeren Feuchtigkeitsgrades auf b i n d e n d e r e m Boden gelichteter oder abgetriebener Orte ist ferner die Hinwegnahme der Holzpflanzen selbst, die früher durch ihre Wurzeln dem Boden die Feuchtigkeit entzogen, durch die Blätter in Menge verdunsteten, wie Abzugsgräben wirkend. Die Wirkung der Holzpflanzenwurzeln in dieser Hinsicht ist so groß, daß auf sehr bindendem Boden mitunter Versumpfung da eintritt, wo vor der Entholzung der Boden nur gemäßigt feucht war. Daher sehen wir nach dem Grade der Bindigkeit des Bodens auch den Graswuchs in verschiedener Art und Menge, wie mit verschiedenem Wuchse auf den Schlägen erscheinen. In einem lockeren Boden, der, auch ohne die ableitende Thätigkeit der Holzpflanzenwurzeln, die Feuchtigkeit leicht verdunstet oder in die Tiefe sinken läßt, ist vom Graswuchse bei weitem nicht so viel zu befürchten, als auf Boden, der durch größeren Humus oder Thongehalt die Feuchtigkeit festhält. Hiernach ist die Neigung des Bodens zum Graswuchse zu beurtheilen, die sich also schon vor der Schlagstellung bei einiger Aufmerksamkeit ziemlich sicher erkennen läßt.

Das beste natürliche Hemmungsmittel des Graswuchses ist die den Boden bedeckende Laubschicht, so lange noch unzersetztes Laub in der Dicke einiger Zolle den Boden bedeckt und darüber fest liegt. Man muß daher auf zum Graswuchs geneigtem Boden dafür sorgen, daß die Laubschicht,

soweit dieß die Rücksicht auf Deckung des Samens und die Arbeiten im Schlage gestatten, möglichst ungestört erhalten werde, worauf der Schutz des Schlages vor Wind und die dunklere Stellung wesentlich einwirken. So kann man auch in Pflanzkämpen den Graswuchs ohne Kosten dadurch zurückhalten, daß man die Pflanzbeete einige Zoll hoch mit Laub bedeckt.

In Holzbeständen, die sich bis zur gewöhnlichen Abtriebszeit dicht geschlossen erhalten, in Rothbuchen-, Tannen-, Fichtenbeständen, bei kurzem Umtriebe auch in Kiefern-, Hainbuchen- und Erlenbeständen, läßt sich der Graswuchs durch sorgfältige Erhaltung des Schlusses bis zur Verjüngung unterdrücken. Werden solche Bestände Behufs der Verjüngung durchlichtet, so verlaufen, je nachdem die Schicht des unzersetzten Laubes schwächer oder stärker, der Zersetzungszeitraum des Laubes kürzer oder länger, der Boden mehr oder weniger zum Graswuchse geneigt ist, 2—4 Jahre, ehe der Letztere eine der Verjüngung nachtheilige Ausdehnung erhält. Die Benutzung dieses Zeitraumes für die Verjüngung ist von besonderer Wichtigkeit für solche Oertlichkeiten, in denen die Forstunkräuter erfahrungsmäßig dem Wiederwuchse nachtheilig werden. Hier muß man besonders darauf sehen, die Schlagstellung nicht vor Eintritt eines Samenjahres auszuführen und diese so dunkel halten, als dieß mit den übrigen Verhältnissen vereinbar ist. So nützlich und für viele Fälle nothwendig die Stellung von Vorbereitungsschlägen ist, läßt sich doch nicht verkennen, daß durch sie der Kampf mit den Forstunkräutern wesentlich erschwert wird. Ist diese erste Auslichtung auch der Art, daß der Unkrautwuchs eine die Verjüngung hindernde Ausdehnung nicht erreichen kann, so wird doch der Keim zu solchem bis zur Verjüngung ausgebildet, der dann, nach der zweiten Lichtung, viel rascher zu einer dem Wiederwuchs der Holzpflanzen Gefahr drohenden Größe heranwächst. Diese, mit der Stellung der Vorbereitungsschläge stets verbundene Beschränkung des Vorsprunges der Verjüngung vor dem Gras- und Unkräuterwuchse, ist die Ursache, weßhalb Erstere nicht zum allgemeinen Wirthschaftsgrundsatze erhoben und besonders in Oertlichkeiten, die sehr zum Graswuchse geneigt sind, nur nach sorgfältiger Prüfung unbedingter Nothwendigkeit ausgeführt werden dürfen.

In Hochwaldbeständen solcher Holzarten, die sich schon innerhalb der gewöhnlichen Umtriebszeit so licht stellen, daß der Boden sich mit Unkräutern und Gräsern überzieht, in Eichen-, Birken-, Kiefern- und Lärchenbeständen, finden die obigen Rücksichten nicht oder nur in untergeordnetem Grade statt. Der Kampf mit den Forstunkräutern fordert hier in den meisten Fällen die Verwendung besonderer Arbeitskräfte.

In den Buchenmittelwaldungen des südlichen Harzrandes hält man beim jedesmaligen Abtriebe der Jahresschläge eine den Bedarf vielmal übersteigende Anzahl von Laßreidel, und selbst noch viele der abzunutzenden Oberständer mehrere Jahre über, so daß der gesammte Oberholzbestand eine gleichmäßige, einem Buchendunkelschlage nahe stehende Beschattung wirft, durch welche nicht allein der Graswuchs, sondern auch die holzigen Forstunkräuter wie Aspen, Weiden, Himbeeren 2c. zurückgehalten, der Ausschlag der Buchenstöcke wesentlich gefördert und der Aufschlag junger Kernloden geschützt wird. Die überschüssig übergehaltenen Laßreidel und Oberständer

werden dann nach und nach, die letzten spätestens sechs Jahre nach dem Hiebe des Schlages ausgehauen.

Die verschiedenen Arten der Forstunkräuter erscheinen in der Regel nicht gleichzeitig, sondern in einer gewissen, auf verschiedenen Standorten verschiedener Rangfolge. Zuerst zeigen sich kleinere unschädliche Kräuter, die schon im vollen Bestande vorhanden waren, wie Asperula, Anemone, Mercurialis, Paris ꝛc.; sie verschwinden mit der Lichtstellung und es treten an ihre Stelle zunächst die Gräser. Auf bindendem, nässigem Boden werden die Gräser nach 1—3 Jahren von Binsengräsern verdrängt, in der Regel begleitet von Moosen, besonders Polytrichum-Arten. Diesen oder den größeren folgen dann erst die eigentlichen Forstunkräuter, Stauden und Gesträuche.

Die Vertilgung der Gräser durch Arbeitskräfte kann nur dann von Nutzen sein, wenn die bei unsern Waldgräsern ausdauernden Wurzeln dem Boden entnommen werden. Ein bloßes Abschneiden oder Abweiden der oberirdischen Pflanze schadet mehr, als es nützt, da die Bestockung durch Ausschläge der im Boden bleibenden Wurzel dann um so dichter und filziger wird. Die Vertilgung der Gräser mit den Wurzeln ist aber sehr kostspielig, im großen Waldwirthschaftsbetriebe daher selten ausführbar, abgesehen davon, daß sie sich in den meisten Fällen nicht ohne gleichzeitige Vernichtung der jungen Holzpflanzen ausführen läßt; in den seltenen Fällen, wo sie ausführbar ist, muß sie im Spätsommer oder Herbst geschehen, da doch nie alle Wurzeln dem Boden entnommen werden können und diese, bei früher stattfindender Rodung, noch in demselben Jahre lebhaft wieder ausschlagen.

Man ist daher, trotz dem, daß durch das Grasschneiden der Graswuchs selbst nicht verringert wird, im Waldwirthschaftsbetriebe häufig genöthigt, dieß dennoch ausführen zu lassen, um den jungen Pflanzen wenigstens für das laufende Jahr Licht zu verschaffen. In vielen Fällen wird sich dieß unentgeltlich gegen Abgabe des Materials ausführen lassen. Man wähle dazu den Juli und August, weil alsdann das Gras noch zur Fütterung benutzbar ist, lasse es, wenn die unter dem Grase stehenden Holzpflanzen noch klein sind, abschneiden, und zwar mit Zahnsicheln; auf lockerem Boden, dessen Holzpflanzen schon so groß und tief bewurzelt sind, daß sie nicht mitgezogen werden, lasse man das Gras durch Ausrupfen hinwegschaffen.

Die Gräser sind 1—2jährige Pflanzen, die nach erfolgter Blüthe und Fruchtbildung mit der Wurzel absterben, die aber eine viel längere Lebensdauer haben, sich durch Ausläufer (Quecken) reichlich vermehren und einen dichten Filz (Rasen) bilden, wenn durch Abschneiden oder Abweiden die Fruchtbildung verhindert wird. Der dichte Rasen der Triften, Wiesen, wie der stark beweideten Holzbestände entsteht auf diesem Wege. Wird auf solchem Boden die Grasnutzung durch Sense oder Vieh aufgehoben, kommen in Folge dessen die Gräser zur Blüthe und Frucht, so lichtet sich der Rasen von selbst durch das Absterben der fructificirenden Pflanzen und wird für die Besamung empfänglicher. Man muß dann aber die Grashalme vor dem Abfallen des Grassamens schneiden lassen, damit keine neuen Samenpflanzen

aus Letzterem entstehen. In Birken= und Kiefernbesamungsschlägen ist dieses Verfahren häufig von gutem Erfolge, dem aber nicht selten die verschiedene Reifezeit des Samens verschiedener Grasarten entgegensteht.

Die Gräser werden nicht allein durch Verdämmen der jungen Holzpflanzen, durch Behinderung der Besamung, Aussaugen des Bodens nachtheilig, sondern auch dadurch, daß sie den Boden austrocknen, indem sie die feineren atmosphärischen Niederschläge auffangen, im Sommer die Befeuchtung des Bodens durch den Morgen= und Abendthau verhindern, und, durch die größere und raschere Verdunstung und Wärmestrahlung die Temperatur erniedrigend, die Gefahr der Beschädigung durch Spätfröste erhöhen; endlich dadurch, daß sich die langen Halme im Herbste zu Boden legen und bei dichtem Stande eine Grasdecke bilden, durch welche der Schnee nicht zu Boden fallen kann. Unter dieser Decke ziehen sich dann die Mäuse aus der ganzen Umgegend zusammen und schroten bei Mangel anderer Nahrung während des Winters die jungen Holzpflanzen ab. Man entfernt solche Grasdecken mit hölzernen, starkzähnigen Harken im Vorwinter nach dem ersten Froste, indem alsdann die Halme sich ohne Mühe vom Wurzelstocke lösen und zusammenharken lassen. Bei der Nutzbarkeit des Materials als Streu wird diese Arbeit selten mit großen Kosten verbunden sein.

Die Waldgräser zerfallen in drei Familien:

1) Simsen (Junceae),
2) Riedgräser (Cyperaceae) und
3) Gräser (Gramineae).

Erstere unterscheiden sich von letzteren durch den sechstheiligen Kelch der, an den Enden der walzigen, knotenlosen Stengel in Bündeln stehenden Blüthen, während bei letzteren ein wahrer Kelch gänzlich fehlt. Die Gräser unterscheiden sich von den Riedgräsern leicht durch den hohlen knotigen Stengel und die gespaltenen, den Knoten entspringenden, dort ganzen, nur im Alter aufreißenden Blattscheiden.

Beachtenswerth als Unkraut sind unter den Simsen:

Waldsimse (Juncus sylvaticus),
Hainsimse (Luzula pilosa).

Unter den Riedgräsern:

Waldbinse (Scyrpus sylvaticus),
Riedgras (Carex remota, sylvatica, hirta).

Unter den Gräsern:

Borstengras (Nardus stricta),
Haargras (Elymus europaeus, caninus),
Quecke (Triticum repens),
Hirsegras (Milium effusum),
Straußgras (Agrostis vulgaris),
Schmiele (Aira caespitosa, flexuosa),
Rispengras (Poa nemoralis),
Trespe (Bromus giganteus).

Eine benutzbare Charakteristik dieser Gräser in botanischer und forstlicher Hinsicht erfordert mehr Raum, als hier offen steht, daher ich für sie auf das Studium botanischer Werke, besonders aber auf das Studium der Gräser in den Schlägen selbst verweisen muß.

Viertes Kapitel.

Von den Farren.

Gewächse mit langem einfachem Stengel, der, zugleich Blattstiel, in ein vielfach und zierlich gefiedertes großes Blatt endet. Keimkörner in haufenweise auf der Unterseite des Laubes stehenden Kapseln. Als Forstunkräuter besonders schädlich.

Schildfarren (Aspidium filix mas.) und
Adlerfarren (Pteris aquilina).

Ersterer unterscheidet sich von letzterem durch doppelt gefiederte Blätter und durch unregelmäßigen Stand der Fruchtkapseln auf der Unterseite des Laubes. Beim Adlerfarren, der bei weitem die schädlichste Art, ist das Blatt dreitheilig und jeder dieser Theile doppelt gefiedert. Die Fruchtkapseln stehen in fortlaufenden Linien am Rande der Blättchen; beim schrägen Durchschnitt der Wurzel und des Stengels zeigt sich in der Mitte eine Schattirung ähnlich dem Bilde eines doppelten Adlers.

Der Standort dieser Gewächse ist ein feuchter, etwas beschatteter Boden, besonders solcher, der mehr oder weniger reich an Stauberde, Moorerde oder Torf ist, jedoch selten auf eigentlichem Torfboden. Man findet zwar auch im milden Humus, im Gebirgsboden 2c. Farren, die aber der Holzkultur nicht hinderlich werden, da sie nur einzeln horstweise auftreten. Der Adlerfarren hingegen bildet dichte Bestände und überzieht große Strecken so, daß er zu den schädlichsten Unkräutern gerechnet werden muß. Am verbreitetsten und in fast undurchdringlichen Dickichten von 3—4 Mtr. Höhe, habe ich ihn auf den Halbinseln Dars und Zingst der Ostseeküste gefunden. Die Vertilgung ist schwierig. Ein bloßes Abschneiden der Stengel trägt nur zur Verdichtung des Standes bei. Gänzliche Freistellung und Abtrocknung des Bodens durch Entwässerungsgräben dürfte noch am wirksamsten sein.

Literatur.

Du Roi, Harbkesche wilde Baumzucht. Braunschweig 1795.
Bechstein, Forstbotanik 1810. 4te Aufl. 1821.
Reum, Forstbotanik, 3te Aufl. Dresden und Leipzig 1837.
Pernitzsch, Flora von Deutschlands Wäldern, 1825.
Pfeil, das forstliche Verhalten der deutschen Waldbäume, 3te Aufl. Berlin 1839.
Th. Hartig, Lehrbuch der Pflanzenkunde in ihrer Anwendung auf Forstwirthschaft 1851.
Ratzeburg, die Standortsgewächse und Forst-Unkräuter. Berlin 1860.

Dr. P. Senft, Classification und Beschreibung der Felsarten. Breslau 1857.

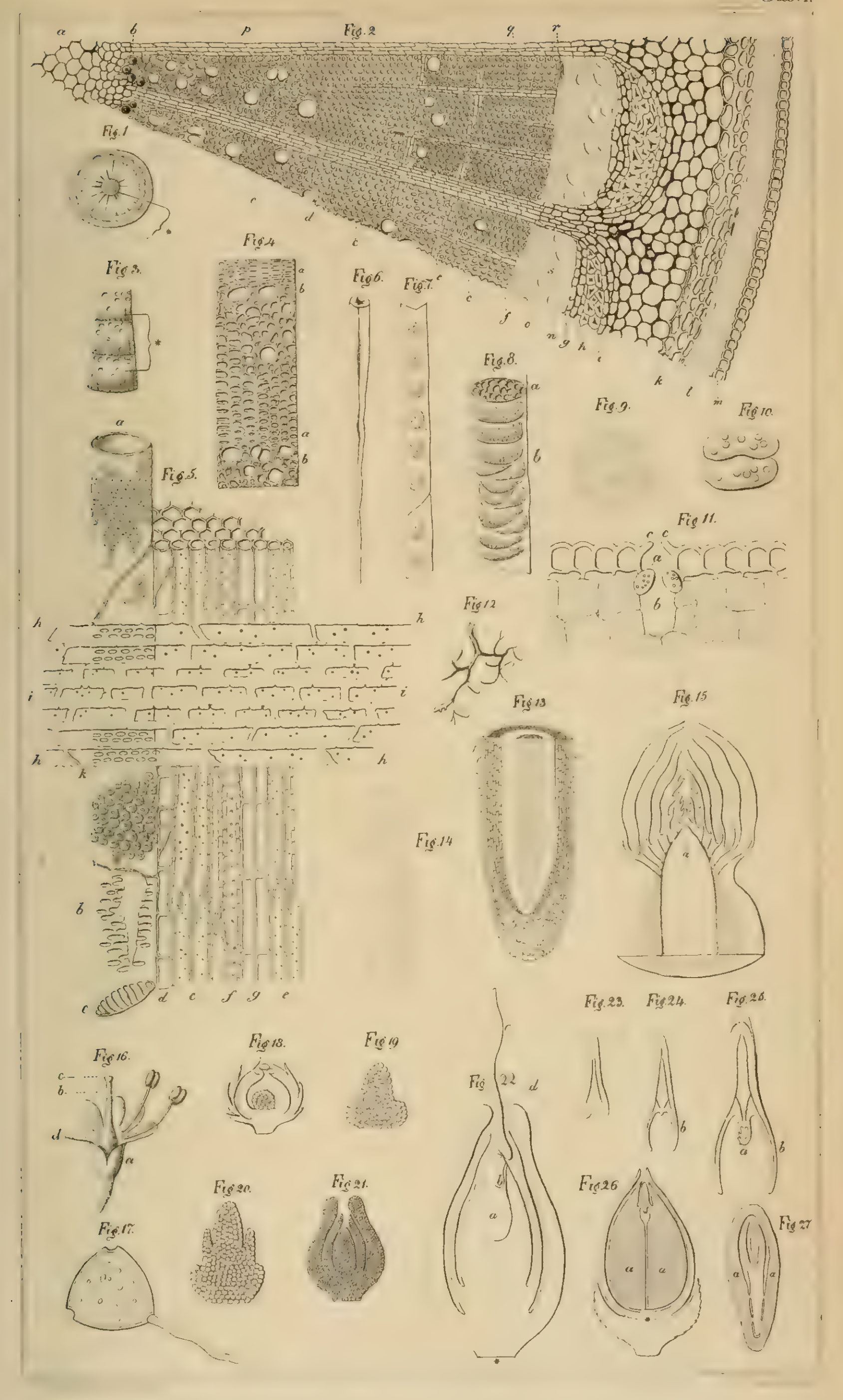
Dr. B. Cotta, Deutschlands Boden. 2te Aufl. Dresden 1860.

Dr. J. Hanstein, über die Leitung des Safts durch die Rinde. Berlin 1860.

Koch, Taschenbuch der deutschen und schweizer Flora. 2te Aufl. 1848.

Dr. Nördlinger, Deutsche Forstbotanik. Stuttgart 1876. J. G. Cotta.

Außerdem die meisten forstlichen encyklopädischen Lehrbücher, besonders von Feistmantel, Gwinner, Hundeshagen.


Fig. 1
Fig. 2
Fig. 3.
Fig. 4
Fig. 5.
Fig. 6.
Fig. 7.
Fig. 8.
Fig. 9.
Fig. 10.
Fig. 11.
Fig. 12
Fig. 13
Fig. 14
Fig. 15
Fig. 16.
Fig. 17.
Fig. 18.
Fig. 19
Fig. 20.
Fig. 21.
Fig. 22
Fig. 23.
Fig. 24.
Fig. 25.
Fig. 26
Fig. 27

